

mai 1970

Trimestriel

fascicule 3

R 3835

**BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ
D'ÉCOLOGIE**



Tome 1

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉCOLOGIE

Bureau :

Président : Georges LEMÉE, Laboratoire d'Ecologie végétale, Faculté des Sciences, Orsay (Essonne).

Vice-Président : Pierre GRISON, Laboratoire de lutte biologique, La Minière, Versailles (Yvelines).

Secrétaire Général : Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, Brunoy (Essonne).

Secrétaire Générale adjointe : M^{me} Germaine RICOU, Laboratoire de Zoologie agricole, 16, rue Dufay, Rouen (Seine-Maritime).

Trésorier : Jean-Marie TURMEL, Laboratoire de Biologie végétale appliquée, 61, rue de Buffon, Paris 5^e.

Conseil :

AUBERT Maurice, Océanographe biologiste, CERBOM, Parc de la Côte, avenue Jean Lorrain, Nice (Alpes-Maritimes).

BOESIGER Ernest, Maître de Recherches au C.N.R.S., Groupe des Laboratoires du C.N.R.S., Gif-sur-Yvette (Essonne).

BONDoux Pierre, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 107, avenue Pierre Curie, Saint-Cyr-l'Ecole (Yvelines).

BOUCHÉ Marcel, Chargé de Recherches à l'I.N.R.A., 7, avenue du Cromois, Quétigny (Côte-d'Or).

BOURLIERE François, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, 15, avenue de Tourville, Paris 7^e.

BOVARD Pierre, Chef de la Section de radioécologie du C.E.A., 42, rue de la République, Ecqueville (Yvelines).

DELAMARE DEBOUTTEVILLE Claude, Directeur du Laboratoire d'Ecologie générale du Muséum National, Directeur du Laboratoire souterrain du C.N.R.S., Moulis (Ariège), 4, avenue du Petit Château, Brunoy (Essonne).

DOMMERGUES Yvon, Maître de Recherches au C.N.R.S., 5, square de Liège, Vandœuvre (Meurthe-et-Moselle).

DUSSART Bernard, Maître de Recherches au C.N.R.S., 79, rue de la Sablière, Palaiseau (Essonne).

GRISON Pierre, Directeur de Recherches à l'I.N.R.A., 92, boulevard Jourdan, Paris 14^e.

LAREYRIE Vincent, Professeur au C.S.U. de Tours, 2, allée des Cèdres, La Marbellière, Joue-les-Tours (Indre-et-Loire).

LAMOTTE Maxime, Professeur à l'E.N.S., 116, boulevard Raspail, Paris 6^e.

LAUBIER Lucien, Conseiller Scientifique au CNEOX, B.P. 337, Brest (Finistère Nord).

LEMÉE Georges, Professeur à la Faculté des Sciences d'Orsay, 6, avenue Garennière, Fresnes (Val-de-Marne).

LEVI Claude, Directeur du C.N.R.S., Professeur au Muséum National Scientifique, 16, rue Charles Desvergnès, Meudon (Hauts-de-Seine).

LOSSANT Paul, Directeur de Recherches au C.N.R.S., Résidence Blanche Colombe (D), Chemin des Sorbes, Montpellier (Hérault).

OZENDA Paul, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, 31, rue Général Ferrié, Grenoble (Isère).

DE PARCEVAUX Sané, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 51, boulevard de Glatigny, Versailles (Yvelines).

RICOU Germaine, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 5, rue Paul Lambard, Grand-Quevilly (Seine-Maritime).

RIoux Jean-Antoine, Professeur à la Faculté de Médecine, 18, rue Foch, Montpellier (Hérault).

SAUVAGE Charles, Vice-Président de l'Association internationale d'Ecologie, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, Route des Matelles, Saint-Gely-du-Fesc (Hérault).

SCHACHTER Denise, Maître de Recherches au C.N.R.S., 24, place Castellane (L'Eldorado), Marseille (Bouches-du-Rhône).

TURMEL Jean-Marie, Maître de Conférences, 1, square Lagarde, Paris 5^e.

WAUTIER Jacques, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, 164, rue Louis Becker, Villeurbanne (Rhône).

Membres étrangers du bureau :

Professeur DUVIGNEAUD, Centre National d'Ecologie générale, 28, avenue Paul Heger, Bruxelles (Belgique).

M. CANCELA DA FONSECA, 46, rue des 3-Chênes, Brunoy, Essonne.

Professeur SACCHI, Istituto di Zoologia, Palazzo Botta, 21.000, Pavie (Italie).

M. MARGALEF, Cons. Sup. de Investig. Pesqueiras, Universidad de Barcelona, Barcelona (Espagne).

Professeur GIACOMINI, Ordinario di Botanico, Università di Roma (Italie).

Professeur STUGREN, Catedra de Biologie, Universitatea « Babes Bolyan », Str. Clinicilor 5-7 Cluj (Roumanie).

Pa 3825

mai 1970

fascicule 3

Trimestriel

SOMMAIRE

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Secrétariat général

4, Avenue du Petit-Château
91 - BRUNOY (France)



Tome 1

Bibliothèque Centrale Muséum



3 3001 00041502 5

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Fascicule 3

SOMMAIRE

L'enseignement de l'Ecologie dans l'Enseignement supérieur

Propos liminaires par Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE	105
Deux niveaux d'enseignement de l'Ecologie à l'Université par R. PAULIAN	106
Nouvelles des Universités et des Centres	109
Alger (Fr. BERNARD)	109
Banyuls (Y. COINEAU)	109
Besançon (L. GOMOT et J. VERNEAUX)	113
Bordeaux (M. AMANIEU)	116
Lyon (L. GINET)	120
Orléans (P. AGUESSE)	121
Paris (R. SCHNELL)	122
Clermont Ferrand (de PUYTORAC)	125
Rouen (Madame RICOU)	125
Marseille (Madame SCHACHTER)	127
Caen (P. BINET)	129

J. M. PÉRÈS. — Production marine et exploitation de la matière vivante	131
M. AUBERT. — Un centre d'Océanographie médicale. Le C.E.R.B.O.M.	136
M. AUBERT. — Problème d'actualité. La pollution des mers	139
F. BÉNARD. — Quelques problèmes techniques relatifs aux petites stations portatives ou d'enregistrement en surveillance écologique	143
F. CHABOUSSOU. — Influence des pesticides sur la plante: conséquences écologiques	146
J. Ph. BARDE. — Ecologie et Economie	159
C. CHARARAS. — Ecologie des Scolytidae	169

Liste actuelle des correspondants régionaux de la Société d'Ecologie	189
--	-----

Réunions dans le cadre de la Société d'Ecologie

Symposium international de Radioécologie, Rectificatif	191
Deuxième réunion du Groupe de Travail « Physique de la Biosphère »	191
Réunion commune A.P.B.G. sur l'enseignement de l'Ecologie au niveau du second degré	193
Compte Rendu de la première sortie sur le terrain. P.B.I. Prairie. Le Pin-au- Haras (Orne)	195
Colloque sur la productivité des écosystèmes forestiers dans le monde. Programme biologique international. Bruxelles, 27-31 octobre 1969	196

Annonces de Colloques en 1970	197
-------------------------------------	-----



L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE DANS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

PROPOS LIMINAIRES

par Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE

Professeur au Muséum

Depuis plusieurs années, un certain nombre de collègues ont lutté pour développer l'enseignement de l'Ecologie. Les succès remportés ont été évidents puisque notre discipline figure désormais sur les programmes du Secondaire et du Supérieur.

On voit également se dessiner dans l'enseignement primaire un certain retour vers ces excellentes leçons de choses qui permettaient aux jeunes enfants, très réceptifs, de prendre contact avec les problèmes d'environnement.

En un certain sens les succès de l'Ecologie ont presque été trop foudroyants. Je m'explique. Ils sont venus en un temps où la zoologie et la botanique traditionnelles étaient vigoureusement attaquées. Cela a facilité le succès de notre combat mais n'est pas sans soulever des problèmes pour l'avenir. Il est certain, aux yeux de tous que l'Ecologie pousse des racines très profondes dans les sciences classiques de la nature.

Au niveau des Unités de recherche et d'Enseignement il faudra rester très vigilants afin qu'un bon équilibre soit maintenu.

Par contre, cela est mon avis, l'éclatement des anciennes Facultés traditionnelles ne peut être qu'une excellente chose pour les sciences de l'environnement.

Naturalistes et géographes par exemple, ou naturalistes et urbanistes auront peut-être plus de chances non seulement de se rencontrer mais de travailler ensemble.

Les présentes informations sur l'enseignement de l'Ecologie dans le Supérieur ne sauraient être que parfaitement incomplètes. Dans un prochain bulletin, nous saurons pallier à ces imperfections. Tous ne nous ont pas répondu, et il est possible que tous n'aient pas été touchés. Mais il était difficile d'agir autrement.



DEUX NIVEAUX D'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCOLOGIE A L'UNIVERSITÉ

par Renaud PAULIAN

Chacun ressent, depuis peu, la nécessité de donner au plus grand nombre possible de membres de la collectivité nationale une formation en écologie, conçue comme la science de l'environnement.

Un tel enseignement était, jadis, spontanément dispensé par les parents ou par les professeurs, par référence à un environnement naturel familier à l'enfant. Le ruisseau, la forêt, le pré ou la ferme étaient des domaines vivants, réels, perçus comme tels. La littérature pour enfants et adolescents y prenait appui. Et si, bien souvent, les notions ainsi acquises s'avéraient fort peu scientifiques, critiquables, si elles étaient toujours incomplètes, du moins permettaient-elles à l'adulte de conserver le sens du milieu naturel.

Les progrès scientifiques et techniques et l'urbanisation ont vidé cet enseignement de sa substance. L'étudiant entrant à l'Université est presque toujours mieux instruit que son aîné ne l'était des réalités technico-scientifiques, mais il est profondément ignorant des réalités du milieu naturel. Même la généralisation des vacances, parce qu'elle s'accompagne d'une organisation grégaire de ces loisirs, n'a pu empêcher la rupture d'avec la nature.

A un moment où les techniciens sont appelés à intervenir dans des programmes de développement économique et social dont l'ampleur fait peser de dramatiques menaces sur le milieu naturel, il semble essentiel de leur faire prendre conscience de ce que celui-ci représente, de sa fragilité, de ses lois et de ses possibilités.

De très nombreuses formules, plus complémentaires que contradictoires, sont possibles. On voudrait

ici en exposer deux, bien différentes, introduites au cours des deux dernières années, l'une dans une Faculté des Sciences, l'autre dans une Faculté des Lettres, en réponse à deux situations particulières.

La Faculté des Sciences d'Abidjan a été confrontée à une double évidence.

D'une part le développement, au cours des dernières années et dans les dix années à venir, à très grande échelle, de plantations industrielles, de barrages et de routes, pose de graves problèmes à qui se soucie de la protection de la nature. La destruction d'un milieu naturel sensiblement équilibré, mais économiquement peu productif, fait place à un milieu artificiel hautement productif mais, aussi, hautement spécialisé et, comme tel, très instable.

L'influence induite de ces formations nouvelles sur le milieu naturel ambiant est inconnue, mais sans doute considérable. Il y a donc là un double champ de recherches d'importance capitale pour le pays et en même temps, un risque dont les techniciens du développement doivent prendre conscience.

D'autre part, les étudiants en Biologie sont particulièrement nombreux (en partie parce que les baccalauréats à dominante biologique paraissent plus faciles que les autres, surtout dans des pays où la langue d'enseignement diffère des langues maternelles). La Côte d'Ivoire n'est pas préparée à absorber des chercheurs dans la plupart des disciplines biologiques, à la fois faute de structures d'accueil, faute de moyens matériels, et parce que les problèmes de recherche fondamentale sont sans rapport avec l'état économique et social. On sait, et de nombreuses recherches l'ont souligné récemment, que la recherche

fondamentale ne peut se développer de manière satisfaisante si l'infrastructure industrielle et économique n'est pas accordée à ses soucis.

Aussi les naturalistes formés en surnombre, par rapport aux besoins de l'enseignement, ne peuvent-ils trouver d'autre débouché que par l'émigration vers l'Europe et l'Amérique du Nord en qualité de chercheurs, ce qui ne répond pas aux objectifs d'une Université nationale.

Or ces chercheurs pourraient trouver à s'employer, au niveau auquel ils peuvent prétendre, et rendraient d'incalculables services, dans le domaine de l'Écologie.

Ces considérations ont amené à créer, en Octobre 1968, un *Diplôme d'Études Approfondies d'Écologie Tropicale*, ouvert aux titulaires de la Maîtrise ès Sciences Naturelles ou de diplômes équivalents.

L'enseignement est réparti sur deux années, la seconde étant consacrée à l'exécution d'un travail personnel de recherche, encadré de très près. L'enseignement de première année — en partie théorique, en partie pratique — aboutit à une Attestation d'Études Approfondies.

Le programme se divise en :

une *partie obligatoire*, commune à tous les étudiants : climatologie et bioclimatologie, pédologie, statistiques, biocénologie théorique et biocénologie quantitative.

une *partie à options* : Écologie végétale ou Écologie animale.

L'option *Écologie Végétale* oriente les étudiants vers la phytosociologie, l'évolution des associations végétales sous les tropiques et la productivité primaire. L'option *Écologie Animale* s'oriente vers l'étude des équilibres biocénologiques et des populations animales, analysant les grands traits de l'autoécologie générale, de l'autoécologie des groupes tropicaux et de la synécologie.

L'ouverture d'une troisième option, *Écologie physique* est prévue dans un proche avenir et couvrirait le double domaine de l'hydrologie et de la climatologie dans leurs rapports avec le milieu naturel et avec ses équilibres.

Ainsi conçues ces trois options sont accessibles aux Ingénieurs agricoles et forestiers; la troisième sera ouverte aux Maîtres ès Sciences Physiques.

Le D.E.A. d'Écologie Tropicale a pour objectif précis de former des spécialistes des problèmes et des méthodes de l'écologie dans ses rapports avec le développement économique. Chercheurs ou conseillers ainsi formés, participant à l'élaboration et à l'exécution des plans de développement, disposeront, grâce au niveau de formation adopté, d'une position morale solide et pourront jouer pleinement leur rôle de défenseurs des milieux naturels.

La *Faculté des Lettres de Montpellier* a abordé le problème sous un angle tout différent. Jusqu'ici, la formation que les géographes y recevaient, les orientait de façon très précise vers l'étude des problèmes du développement économique et social. Géographie urbaine, géographie rurale, géographie tropicale, étaient dominées par le souci d'étudier des modèles de développement et d'en dégager les éléments d'une action réfléchie et efficace. Le milieu naturel n'était, bien entendu, pas oublié, mais il n'était étudié qu'incidemment et ne se voyait jamais attribuer la place centrale qui lui revient cependant.

Cette lacune était d'autant plus sensible que l'enseignement était donné à des étudiants littéraires, qui n'étaient en général pas portés, au départ, vers les considérations de milieu biologique.

Aussi, à la rentrée d'Octobre 1969 a-t-il été décidé d'introduire, à tous les niveaux, parmi les options offertes aux étudiants, une option d'étude du milieu naturel.

Il a donc été créé trois unités de valeur, intitulées toutes trois *Écologie* et se succédant aux trois niveaux : *initiation*, *fondamental*, *spécialisation*.

Pour chaque niveau, l'enseignement représente trois à quatre heures de cours par semaine, avec un enseignement méthodologique au laboratoire et de très nombreuses excursions sur le terrain. La variété des milieux naturels du Bas Languedoc donne à ces excursions une valeur particulière.

Au niveau de l'*initiation*, on présente le cadre général des milieux physiques offerts à la vie (bio-

climatologie, géologie de surface et pédologie, milieu des eaux douces) et on décrit les grands types de formations végétales qui se sont développés dans ces milieux. On décrit les grands traits du peuplement de la terre et on expose la nécessité de la conservation de la nature, les méthodes employées et les résultats obtenus.

Au niveau *fondamental*, le programme couvre les aspects proprement biologiques de l'écologie. Le milieu naturel ayant été présenté en initiation, on étudie les relations entre les caractères physiques et l'écologie des espèces, puis les relations entre espèces, enfin la dynamique des populations et les principes d'étude de la productivité naturelle. Parallèlement le peuplement animal de quelques habitats particuliers, insulaires et montagnards, est analysé et permet d'évoquer les problèmes de spéciation, de vicariance et de disparition des espèces.

Au niveau *spécialisé*, l'étude porte sur le peuplement de la terre. Elle est poursuivie en termes de zoogéographie écologique, en associant sans cesse et de façon aussi étroite que possible, les facteurs historiques et les facteurs biologiques.

Chaque année, le peuplement d'une des grandes régions du globe est décrit, après une introduction consacrée aux méthodes et aux grandes théories biogéographiques.

Tout au long de ce programme progressif, l'enseignement s'efforce de garder constamment présent à l'esprit l'étroite interrelation réciproque entre facteurs physiques et situation biologique et de faire saisir aux étudiants la fragilité et la richesse des équilibres naturels, leur constante évolution et l'importance de chacun des éléments qui s'y rencontrent.

Laboratoire de Zoogéographie,
Faculté des Lettres, Montpellier.

TARIF DES TIRES A PART

Les analyses et nouvelles ne peuvent pas être vendues sous forme de tirés à part.
La commande doit être passée au Secrétaire général au moment de la correction des épreuves.

de 0 à 99 ex.	0,06 F la page
de 100 à 199 ex.	0,05 F la page
de 200 à 299 ex.	0,04 F la page
de 300 à 399 ex.	0,03 F la page
400 ex. et plus	0,02 F la page
brochage métal	0,20 F l'exemplaire
couverture, de 0 à 100 ex. ..	0,30 F l'exemplaire
plus de 100 ex.	0,20 F l'exemplaire

Marchandises prises dans nos ateliers.

NOUVELLES DES UNIVERSITÉS ET DES CENTRES

ALGER

Précisions sur l'enseignement de l'Ecologie à la Faculté des Sciences d'Alger :

Sans avoir de cours limité à l'Ecologie, nous en traitons, en tout, une quarantaine de leçons par an, avec quelques démonstrations, comme suit :

D.E.A. D'Océanographie Biologique

(F. BERNARD, 30 leçons)

(avec le concours de MM. POSTEL et GUILLE).

— Propriétés de l'eau de mer. Courants, températures, salinités, densités. Matières organiques; Action des vents et des pluies.

— Populations naturelles du phytoplancton, du zooplancton. Principaux substrats du benthos. Indicateurs.

— Migrations verticales des êtres marins.

— Productivités primaire, secondaire, tertiaire. Méthodes d'évaluation.

— Ecologie des Poissons

TRAVAUX PRATIQUES.

— Mesures des températures et salinités, des phosphates.

— Comptages d'organismes. Systématique des formes communes.

CERTIFICATS DE LICENCE

— En Zoologie, à propos des Mammifères et des Insectes, des leçons d'Ecologie, très élémentaires, sont faites.

— De même en Biologie générale, à propos des concurrences entre populations et de la Génétique.

— Environ une fois tous les 3 ans, un cours de *biologie saharienne* est fait, avec plusieurs leçons sur le milieu naturel, les formes dominantes, les Insectes sociaux.

— Chaque année, une vingtaine de sorties en mer et une excursion d'étudiants dans le Sud (Atlas ou Sahara) permettent de concrétiser pas mal d'exemples.

F. BERNARD

BANYULS

Les stages au Centre d'Ecologie Méditerranéenne du mas de la Serre, Laboratoire Arago - Banyuls-sur-Mer
Faculté des Sciences de Paris

par Yves COINEAU

L'enseignement de l'Ecologie est déjà une vieille tradition au Laboratoire Arago. Cet établissement de la Faculté des Sciences de Paris bénéficie d'une situation exceptionnelle qui en fait une station de terrain remarquable pour l'enseignement de l'Ecologie Générale. La revue *Vie et Milieu* n'est en fait que le reflet de ses activités dont l'éventail s'étend du fond des Rechs aux

crêtes rocheuses de l'étage alpin. Cette concentration des biotopes sur une profondeur de 80 km seulement, au niveau d'un véritable carrefour biogéographique, offre un double intérêt du point de vue de l'enseignement de l'Ecologie : la variété et le regroupement géographique. Ce dernier point n'est d'ailleurs pas le moindre, car il permet de communiquer une compréhension globale,

synoptique, à une grande échelle, en quelque sorte, une véritable vision panoramique des conditions de vie. On peut en outre y bénéficier d'une documentation précise provenant des résultats obtenus par des générations de chercheurs, et les « stations » classiques du Laboratoire Arago peuvent constituer autant de parcelles de démonstration idéales, à condition évidemment d'en user raisonnablement.

Depuis trois ans, la minuscule « équipe » de biologie terrestre a été transférée dans des installations récemment aménagées, au Mas de la Serre. Ce Centre d'Ecologie Méditerranéenne comprend un bâtiment-laboratoire proprement dit, une série de terrasses sur lesquelles sont implantées une serre et des annexes, enfin un jardin méditerranéen. Ce centre, situé au cœur des étages euméditerranéens, est complété en montagne par deux stations de terrain. La plus ancienne, celle de la Massane, se trouve en milieu montagnard, à 650 m d'altitude, dans la traîne des Albères. L'autre est implantée dans l'étage subalpin à 2 000 m dans le massif du Carlit, près du barrage des Bouillouens. Il faut enfin ajouter à ce réseau les possibilités qu'offre la station de Biologie Lagunaire de Sigean-Bellevue. La situation géographique de cette station, conçue pour permettre d'effectuer des recherches dans les étangs saumâtres du littoral, en fait une excellente base pour la prospection dans les plateaux calcaires des Corbières et dans le massif de la Clape.

A Banyuls, l'enseignement de l'Ecologie dans le domaine continental se fait selon diverses modalités. Il constitue tout d'abord une faible partie du programme des stages inter-universitaires organisés au Laboratoire Arago pendant les vacances de Pâques et au cours de l'été. Il existe d'autre part quelques stages qui sont essentiellement consacrés à l'écologie terrestre. L'encadrement de ces stages est assuré selon les cas par les enseignants, français ou étrangers, qui accompagnent leurs étudiants, ou par nous-même.

Afin d'augmenter les possibilités d'accueil du Laboratoire Arago, nous avons aménagé dans l'olivieraie du Mas de la Serre, un terrain de camping qui nous permet de recevoir un stage d'Ecologie terrestre alors que le laboratoire marin est occupé par des Océanographes. Huit personnes peuvent être logées dans les chambres du Mas, les autres couchent sous la tente. Le nombre limite d'étudiants qui peuvent être ainsi hébergés est conditionné par le type de programme qui est envisagé. S'il comporte essentiellement du travail sur le terrain (relevés phytosociologiques...) avec une utilisation occasionnelle de l'optique et de la bibliothèque, on peut accepter sans problème une vingtaine d'étudiants. Par contre, si l'on doit faire des cours et des séances d'observation au laboratoire, l'exiguïté des locaux nous contraint à réduire leur nombre à dix ou douze. Les stagiaires et ceux qui les

accompagnent bénéficient, quel que soit le type d'organisation retenu, des services de la bibliothèque, de l'équipement du laboratoire, du restaurant du laboratoire et de notre collaboration.

Les stages d'Ecologie terrestre que nous organisons et pour lesquels nous assurons l'encadrement sont, pour l'instant, des stages courts d'une semaine, avec au plus une douzaine d'étudiants, pour les raisons que nous venons d'indiquer.

Au cours du stage, nous nous efforçons de faire alterner les séances à l'extérieur avec le travail au laboratoire. Dans de telles stations de terrain, il faut évidemment conduire les étudiants le plus souvent possible dans la nature, ce que nos collègues font très difficilement en Faculté. Cependant, les sorties dans la campagne ne peuvent être rentables que dans la mesure où elles sont préparées par un exposé préalable, et à condition d'exploiter par la suite les résultats des récoltes et des observations. Ces séances en intérieur sont également fort utiles lorsque les intempéries nous interdisent toute excursion.

Les stagiaires se trouvent, de toute façon, en contact permanent avec le milieu méditerranéen dans le jardin dont nous poursuivons l'aménagement. Il s'agit d'une pente abrupte de trois hectares qui fait face au sud, tournant le dos au vent froid dominant qu'est la Tramontane. On y bénéficie de conditions particulièrement favorables pour la culture des plantes du bassin méditerranéen et des régions du globe jouissant d'un même type de climat, telles que la Province du Cap ou la Californie. Les plantes sont présentées sur de multiples petites terrasses où elles constituent d'importantes masses monospécifiques de façon à permettre aux étudiants qui y ont accès en permanence, de prélever éventuellement un fragment pour un examen plus approfondi en laboratoire. Sur une surface d'un hectare environ, nous conservons un échantillon de végétation méditerranéenne. Ce terrain qui fut cultivé jadis, est planté de Chênes liège, d'Oliviers, de Pins pignon, et envahi par les Cistes, les Calycotomes et les Cades. Deux chemins permettent d'y accéder et quelques pistes bien définies le pénètrent. Le long de ces parcours, les plantes qui poussent spontanément sont étiquetées, qu'elles soient pérennantes ou annuelles. Les étiquettes sont du même type que celles du jardin et donnent les noms générique, spécifique, ainsi que celui de la famille. Elles sont en outre dotées d'un numéro propre à l'espèce considérée. Ce dernier renverra (car, pour l'instant, ce n'est qu'un projet) à un photocopié dans lequel on trouvera des renseignements d'ordre botanique (systématique, morphologie, répartition, particularités biologiques...) et des données concernant la faune et la flore qui leur sont liées directement ou indirectement (parasites, hyperparasites...).



FIGURE 1



FIGURE 2

FIG. 1 et 2. — Deux aspects du Centre d'Ecologie méditerranéenne du Mas de la Serre.



En ce qui concerne les sujets à traiter, il ne nous semble pas qu'il soit souhaitable de consacrer des journées de laboratoire à des dosages, de style travaux pratiques de Chimie, qui peuvent être envisagés avec beaucoup plus de bonheur en Faculté. Les mesures sur le terrain sont au contraire parfaitement à leur place.

Les études que nous proposons aux étudiants sont de plusieurs types :

— les milieux extrêmes ou originaux se prêtent particulièrement bien à l'enseignement. Dans certains cas, la documentation peut être extraite de travaux effectués sur les lieux-mêmes de l'excursion par divers spécialistes. Nous essayons d'en donner une synthèse en faisant intervenir le monde animal et le monde végétal. Les notions sur la phytosociologie, ou plus modestement sur la couverture végétale, constituent un excellent canevas pour le zoologiste de terrain qu'est le spécialiste d'Écologie animale. Ce mélange, pour beaucoup inaccoutumé, de disciplines que l'on traite le plus souvent séparément, est propre à rappeler aux étudiants que l'écologie est une « science toiture » et à les obliger à faire un effort de compréhension globale. Il faut dissocier les problèmes pour les résoudre, mais les replacer dans leur contexte pour les comprendre. Ceci les invite enfin à ne pas confondre cloisonnement administratif ou budgétaire et divisions biologiques naturelles !

C'est dans cet esprit que nous proposons par exemple l'étude du sable en tant que milieu, en conduisant les stagiaires sur le lido de l'étang de Canet et dans la plaine du Roussillon. Ils peuvent y voir les animaux du benthos meuble rejetés sur la plage, comprendre la dynamique des dunes littorales et leur peuplement végétal, observer des insectes et des vertébrés sabulicoles, extraire la faune interstitielle au bord de la mer et retrouver des animaux comparables dans la nappe phréatique de la plaine.

— Nous ne possédons pas toujours une aussi riche documentation locale pour les divers milieux qu'il conviendrait de présenter. Nous avons proposé aux spécialistes français et étrangers qui accompagnent leurs étudiants, de participer à l'élaboration d'une documentation pédagogique collective sur des formations remarquables susceptibles de devenir des « parcelles de démonstration ». Cette opération est en bonne voie. De 0 à 2 000 m, nous pourrions proposer un choix en fonction de la provenance géographique des stagiaires.

— C'est précisément cette variété que nous faisons « survoler » aux étudiants au cours d'un autre type d'excursion. La carte de la végétation des Pyrénées-Orientales, que nous devons au Professeur GAUSSEN, est désormais un exemple classique que citent la plupart des manuels de l'enseignement secondaire ; la connaissance de la région en est un complément très instructif.

L'excursion s'effectue selon un parcours qui nous permet de voir ou de traverser tous les étages de végétation. La sonorisation nous permet de faire un commentaire sur les paysages qui se déroulent sous nos yeux et de donner quelques précisions sur les conditions de vie aux différents niveaux.

— Les micro-arthropodes du sol constituent enfin un autre sujet que nous traitons parce qu'il est proche de nos propres préoccupations de recherches et qu'il fait rarement l'objet de cours ou de démonstrations en raison du caractère spécialisé de la documentation.

Il est un problème qui nous semble capital dans l'enseignement de l'Écologie : celui de la qualité des déterminations et de l'importance fondamentale que présente la systématique. Chacun de nous, pour peu qu'il soit systématicien, connaît les problèmes que posent les déterminations. La reconnaissance précise des espèces constitue la démarche fondamentale dans la plupart des recherches en Écologie. Un enseignant ne peut être un spécialiste polyvalent, et si ses démonstrations ne le conduisent pas dans un domaine étudié par des spécialistes, il devra limiter ses ambitions, ce qui ne correspond pas à un abandon. Aux différents niveaux de l'enseignement la raison n'a pas encore éteint la soif des binômes latins. Beaucoup craignent sans doute de déchoir devant leurs élèves s'ils ne nomment pas immédiatement avec précision l'organisme qui leur est présenté. La systématique se remet à peine de la déconsidération dans laquelle elle était tombée ; nous ne pouvons admettre qu'elle soit à nouveau présentée comme une activité de la philathélie. Certaines déterminations peuvent être faites avec une précision très convenable mais pour d'autres, il faut savoir s'arrêter à un certain niveau que l'on doit essayer d'apprécier ; il est une notion qui nous paraît naturelle en physique et qui nous échappe dans le domaine des Sciences naturelles : l'appréciation du degré de précision d'un « instrument » (*sensu lato*). Le calcul d'erreur nous est familier, mais on n'y pense pas lorsqu'on utilise une faune ; on suit docilement la clé. Il est tout de même invraisemblable qu'on n'hésite pas à proposer à des élèves de faire rapidement des études synécologiques alors que la plupart des spécialistes ne s'y aventurent pas. Un tel simulacre de recherches est une escroquerie intellectuelle.

Dans une petite station de terrain relativement isolée, les éléments du programme d'un stage ne sont pas essentiellement scientifiques. La création d'une ambiance détendue et active permettant de maintenir la cohésion du groupe nous paraît aussi importante. Elle rend l'ensemble plus maniable et augmente le rendement dans une ambiance cordiale. C'est ainsi que nous avons tourné à notre avantage certaines difficultés matérielles. Les liaisons avec le restaurant du laboratoire étant peu

commodes, et certains de nos stagiaires couchant sous la tente, nous avons inscrit au programme l'initiation à la vie sur le terrain qui s'intègre parfaitement à l'ensemble des notions que doivent acquérir les Ecologistes. La journée de travail comporte tout d'abord deux séances séparées par le repas de midi, à la préparation duquel les stagiaires participent. Cette séance semi-récréative nous permet de leur donner quelques conseils utiles pour la vie sur le terrain. Vers 18 heures, les stagiaires se répartissent en trois équipes :

— Botanique, confection d'un herbier avec commentaires;

— Entomologie, préparations d'insectes regroupés par milieux;

— un troisième groupe recherche, à titre d'exercice, de la documentation pour préparer une excursion.

Après le repas du soir, selon les circonstances, le travail de laboratoire reprend ou bien la soirée se termine par une discussion animée, scientifique ou non, autour d'un brasier, sur une terrasse aménagée à cet effet.

BESANÇON

Un enseignement d'hydrobiologie et d'hydrologie à la Faculté des Sciences de Besançon dans le cadre des travaux du Centre d'Hydroécologie du Laboratoire de Zoologie

par L. GOMOT ⁽¹⁾ et J. VERNEAUX ⁽²⁾

MOTIVATION

Cet enseignement a été créé en 1968 pour répondre à un impératif de formation révéls au cours de trois années d'étroite collaboration du Laboratoire de Zoologie et des Services d'Application du Ministère de l'Agriculture en matière de *conservation et d'aménagement des eaux*; il est destiné à former et perfectionner les chercheurs, les ingénieurs et les techniciens des organismes de recherche et d'application, privés ou publics, qui sont amenés à s'occuper des problèmes relatifs aux eaux continentales.

Les travaux effectués en commun ont fait apparaître que la résolution des problèmes posés à l'Hydrobiologie appliquée est étroitement liée à l'intégration des enseignements de la recherche fondamentale et qu'en retour cette dernière se trouve « motivée » et orientée par l'examen des informations fournies par les études pratiques. En particulier les recherches écologiques ne sauraient actuellement être conduites sans tenir compte des incidences, souvent profondes et de plus en plus nombreuses, des diverses manifestations de l'activité humaine.

L'enseignement donné se propose donc de ne pas dissocier les données fondamentales et appliquées, les exigences pratiques et les voies de recherche.

L'ENSEIGNEMENT

Les enseignements dispensés au Centre sont donnés sous deux formes complémentaires :

- des stages d'application,
- un enseignement annuel.

1) LES STAGES TRIMESTRIELS D'APPLICATION ET DE PERFECTIONNEMENT (formation continue).

Chaque trimestre un stage de 8 ou 10 jours est organisé à Besançon pour informer et perfectionner les ingénieurs, chercheurs et techniciens en exercice; la participation est entièrement libre mais l'effectif de chaque stage est, en dehors des élèves inscrits au diplôme, limité à 10 pour des raisons matérielles. Les étudiants inscrits au diplôme participent obligatoirement à ces stages au cours desquels ils peuvent appliquer « sur le terrain » les méthodes et techniques apprises en cours.

Le travail est réparti à peu près également au laboratoire et sur le terrain et les enseignements sont dégagés par les participants eux-mêmes d'une étude pratique constituant le thème du stage.

Le canevas d'un stage est le suivant :

1^{re} journée : exposé du thème et préparation de l'étude;
2^e, 3^e, 4^e journées : travaux sur le terrain (mesures, analyses, prélèvements...);

5^e, 6^e, (7^e) journées : travaux au laboratoire (tri, déterminations, analyses complémentaires, etc...);

6^e, 9^e journées : établissement d'un rapport d'étude (par groupes de 4 stagiaires);

(1) Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon, Laboratoire de Zoologie.

(2) Chef de Laboratoire de Biologie du Centre d'Etude de la Qualité des Eaux (C.E.R.A.F.E.R., Paris), Chargé des cours d'Hydrobiologie Appliquée.

10^e journée : présentation, discussion et correction du rapport d'étude (exploitation des informations et interprétation).

Les sujets proposés au cours des 9 stages effectués jusqu'à présent furent les suivants :

— Etude des « mosaïques de biotopes » de la « zone des sources » en forêt de Chaux (Jura).

— Etude comparée de la faune d'un ruisseau en zones naturelle et polluée (la Corcelle, Doubs).

— Application de la méthode des « indices biotiques » (TUFFERY-VERNEAUX 1967) à l'étude d'une pollution ponctuelle (fabrique de pâte à papier de Novillars, rivière Doubs).

— Etude comparée des populations d'invertébrés benthiques (macro-invertébrés) d'une rivière à truite en eau calme (faciès lentique) et en eau courante (faciès lotique) (La Loue, Doubs).

— Etude synthétique d'un petit cours d'eau de plaine (Les Doulonnnes, Jura) (Géologie, Hydrologie, Physico-chimie, flore, faune benthique, relations).

— Application de la méthode des « indices biotiques » à l'étude de la qualité biologique du Doubs supérieur (Mouthe, Pontarlier, Morteau).

— Pêches électriques quantitatives, méthodes d'échantillonnage des populations de Poisson, recherche des significations (rivières Dessoubre, Loue, Clauge).

— Etude des phénomènes du « drift » sur trois cours d'eau de types différents situés à la même altitude : Doulonnnes (zone des sources), Loue (zone à truite inférieure, Doubs (zone à barbeau). Mise en évidence du phénomène, composition, relations avec la notion de « disponibilité » des composantes trophiques.

— Etude qualitative et quantitative de différents types de pollution dans le Bassin du Doubs, proposition de solutions (adaptation des épurations à chaque situation).

Remarque : Cet enseignement pratique nécessite le concours de techniciens spécialisés très compétents et l'utilisation d'un matériel important sans lequel de telles études, même à caractère didactique, ne peuvent être effectuées en un temps limité.

Nous utilisons : 1 ou plusieurs véhicules laboratoires (analyses chimiques et prélèvements) (2 techniciens chimistes ou plus); 1 ou plusieurs véhicules techniques (pêches électriques et mesures hydrologiques) (3 à 6 techniciens).

A cela il faut ajouter le matériel d'usage courant : macro et micro-moulinets, sondes, échantillonneurs verticaux et horizontaux, carottiers, filets, débitmètres, tamis et tous les appareils nécessaires aux mesures que les stagiaires sont amenés à effectuer « in situ ».

Ont participé aux précédents stages : 4 ingénieurs, 6 techniciens supérieurs, 32 techniciens et étudiants.

2) L'ENSEIGNEMENT ANNUEL : Diplôme d'Hydrobiologie et d'Hydrologie de l'Université de Besançon.

Sont admis à suivre cet enseignement les titulaires d'une maîtrise ès Sciences, d'une licence ès Sciences, du D.U.E.S. ou d'un titre équivalent, de l'un des titres d'ingénieurs ou d'un titre équivalent ainsi que les techniciens hydrobiologistes en activité choisis à l'issue d'un stage probatoire de 3 jours.

Pour des raisons matérielles le nombre limite d'inscriptions est actuellement fixé à 15.

Le classement final est établi en faisant compter le travail fourni pendant l'année scolaire contrôlé dans chaque matière et un travail de synthèse de fin d'année.

Le titre délivré est le « *Diplôme d'études hydrobiologiques et hydrologiques de l'Université de Besançon* ».

PROGRAMME

A) HYDROBIOLOGIE

L. GOMOT, professeur; J. VERNEAUX, ingénieur C.E. R.A.F.E.R., chargé de cours; H. TAVANT, maître-assistant; A. GUYARD, assistant; C.R. MARCHAND, assistant.

a) Animaux aquatiques (L. GOMOT) :

Protozoaires et Invertébrés libres et parasites; Vertébrés.

b) Végétaux aquatiques (H. TAVANT) :

— Systématique des plantes aquatiques;
— Ecologie des végétaux immergés;
— Significations particulières des groupements végétaux

c) Hydrobiologie théorique et appliquée (J. VERNEAUX) :

— Données générales et définitions préliminaires;
— Sciences limnologiques - Hydrobiologie - Bioécologie - Hydroécologie;
— Les eaux continentales - milieux - faciès - systèmes.
— Unités spatiales et fonctionnelles : les écosystèmes aquatiques;
— Composition - évolution naturelle et provoquée;
— Interactions des constituants - chaînes alimentaires - niveaux trophiques;
— Energie dans les écosystèmes - transferts - productivité.

- Le milieu :
 - Composantes abiotiques de l'environnement - recherches - mesures - signification.
- Les biocénoses aquatiques :
 - Poissons (étude des populations, signification des groupements);
 - Invertébrés aquatiques.
- Relations entre les composantes biotiques et abiotiques, méthodes d'analyse biocénétique - statistiques appliquées en écologie.
- Qualité biologique des eaux :
 - Détermination par les méthodes biologiques.
- Significations des méthodes biologiques - relations avec les composantes de l'environnement - interprétations.
- Inventaires et diagnostics (études de cas précis-rapports).

B) HYDROLOGIE.

M. DREYFUSS, professeur; P. CHAUVÉ, maître de conférences; J. MARTIN, assistant.

a) *Hydrologie de surface* (P. CHAUVÉ) :

- Notions de climatologie (l'atmosphère, les climats).
- Les précipitations (mécanismes, mesures, régimes pluviométriques).
- Les eaux courantes (classification, caractères des rivières...).
- Le bassin versant (caractéristiques topographiques, géologiques).
- Les débits.
- Les bilans.
- Notions de Limnologie.
- Sédimentation et Sédimentologie.

b) *Hydrologie du Jura* (M. DREYFUSS) :

- Climat, rivières et lacs, leurs régimes.
- Problèmes particuliers aux pays calcaires, circulation souterraine, incidences sur les phénomènes de pollution et l'alimentation en eau.

c) *Stage de 10 jours à Thonon-les-Bains (74) :*

- Pratique des mesures de débit.
- Étude des nappes aquifères.
- Carte hydrogéologique - Limnologie.

C) CHIMIE DE L'EAU (F. REMY, maître-assistant).

- Prélèvements.
- Caractères organoleptiques.

- Déterminations physiques et physico-chimiques (30 paramètres).
- Eaux d'alimentation - traitements des eaux résiduaires :
 - Caractéristiques d'une eau d'alimentation;
 - Notions de bactériologie - traitements - épuration bactériologique.
- Eaux industrielles et minérales.
- Législation des eaux d'alimentation et eaux industrielles.

D) PROBLÈMES PARTICULIERS AUX POLLUTIONS DES EAUX ET LÉGISLATION (J. VERNEAUX).

L'enseignement annuel est réparti en 160 h de cours et 180 h de travaux pratiques et dirigés (terrain et laboratoire).

Ont suivi cet enseignement :

- 9 étudiants (année scolaire 68-69);
- 13 étudiants (année scolaire 69-70).

Les postes suivants sont actuellement occupés par les élèves diplômés du Centre :

- 1 poste d'Ingénieur de recherche en Physiologie des Poissons (toxicologie);
- 1 poste d'Ingénieur de recherche en Hydrobiologie Appliquée (étude des Qualités des Eaux);
- 1 poste de technicien supérieur en Hydroécologie (Invertébrés aquatiques);
- 3 postes de techniciens supérieurs des Véhicules Laboratoires.

CONCLUSION

Afin de ne pas dissocier les recherches fondamentales de leurs applications, une place importante est faite au travail personnel et aux formes pratiques de l'enseignement.

L'essai effectué à Besançon au titre de l'Université est à notre connaissance le premier tenté et notre but est de pouvoir constituer enfin un Centre officiel où recherche, information, formation et applications se trouveraient étroitement associées dans le but de protéger et aménager l'environnement de l'Homme.

L'importance sans cesse croissante de la contamination des réseaux hydrographiques a mis en évidence la nécessité de développer les recherches indispensables à l'application efficace des moyens de contrôle et de lutte contre les pollutions.

Notre espoir est que la collaboration établie depuis 1964 avec les Organismes d'Application du Ministère de l'Agriculture, poursuivie avec les laboratoires de

Géologie, de Chimie et de Botanique, s'étend à d'autres disciplines dans le cadre d'un véritable *Centre interdisciplinaire de Limnologie Appliquée*. Peut-être alors pourrions-nous contribuer à procurer aux organismes d'application les méthodes qui leur font encore défaut.

Notre conviction est qu'en « ce siècle des rejets » le problème du devenir de l'Homme se pose d'abord au niveau de son *environnement* et qu'en particulier la *Limnologie Appliquée* est une branche essentielle de l'Écologie Humaine.

BORDEAUX

L'enseignement de l'Écologie à la Faculté des Sciences de Bordeaux

par M. AMANIEU

I. L'enseignement de l'écologie à Bordeaux est assuré grâce au concours de botanistes, géographes, zoologistes. Les programmes et les cours sont cependant structurés autour des problèmes écologiques et non autour des disciplines traditionnelles des divers enseignants. Par exemple, il n'est pas fait de distinction a priori entre phyto et zooécologie. En revanche, il est certain que le botaniste interviendra davantage, par exemple, dans l'exposé des synthèses climatiques ou de la cartographie biologique, le zoologiste dans l'étude des populations ou des chaînes alimentaires. En outre, des conférences venant de disciplines très variées, ou même extérieurs à l'Université, seront invités à traiter des problèmes concrets : urbanisme, aménagement de la nature, pollution, dans lesquels l'écologiste est concerné.

II. Cet enseignement est partagé en deux semestres. Au premier semestre sont abordés les problèmes théoriques fondamentaux relevant de l'Écologie générale : facteurs abiotiques, populations, communautés, écosystèmes. Il nous a paru en effet plus pratique, les excursions et les stages ayant lieu principalement au second semestre, et plus didactique, les exemples d'illustration venant après l'étude des données théoriques de base, de reporter au second semestre la partie du cours traitant de l'Écologie régionale.

III. Une place particulière a été réservée à la présentation de quelques problèmes liant l'écologie à l'activité et l'économie humaines. Il s'agissait dans ce domaine, plus qu'en tout autre, d'éviter une présentation dogmatique et figée. Le recours à des conférenciers extérieurs, urbanistes, économistes, médecins s'imposait; par les contacts établis à l'occasion de ces conférences non formelles, nos étudiants pourront à la fois mieux comprendre la finalité de leurs études et mieux connaître les perspectives que peut leur offrir leur formation.

IV. L'importance accordée à l'écologie régionale, l'ouverture de notre enseignement à des problèmes

concrets et actuels, traduisent également notre souci de répondre à diverses préoccupations extra-universitaires, par exemple à celles de l'aménagement du territoire ou de l'exploitation des eaux littérales.

V. Il convient enfin de rappeler que l'enseignement de l'écologie à Bordeaux s'appuie sur deux stations de terrain :

- Arcachon : Institut de Biologie marine;
- Biarritz : Laboratoire Sauvageau (C.E.R.S. Biarritz).

En outre, dès qu'ils entreront en fonctionnement, le Centre d'initiation à la nature d'Hostens et le Laboratoire d'écologie montagnarde de la vallée d'Ossau seront aussi utilisés pour l'enseignement pratique de l'écologie.

ÉCOLOGIE GÉNÉRALE

I. L'ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE ET SES INCIDENCES ÉCOLOGIQUES.

A) Conditions climatiques.

- a) Principaux facteurs : lumière, température, eau, neige, gel, gaz atmosphériques, vents;
- b) Synthèses climatiques : synthèses numériques : indices; synthèses graphiques : diagrammes; synthèses chromatiques : cartographie.

B) Conditions édaphiques : relief et sols.

- a) Généralités : formations superficielles et évolution du relief;
- b) Rapports du relief et des sols dans les différents milieux :
 - Milieux à faible couverture végétale : régions froides, haute montagne, régions désertiques;

- Milieux tempérés : formations glaciaires et périglaciaires vallées fluviales, plateaux, massifs et plaines;
- Milieux méditerranéens;
- Milieux chauds et humides : forêt dense, milieux d'altitude, milieux littoraux et milieux marginaux de la zone humide.

c) Rapports du sol et de la végétation.

II. LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX.

A) Formations végétales.

B) Séries de végétation, notion de climat.

C) Éléments de phytosociologie.

III. LES POPULATIONS ANIMALES.

A) Définitions.

Analyse statique.

Analyse dynamique (évolution dans le temps et dans l'espace).

B) Relations intraspécifiques.

- a) Distribution des individus dans le milieu;
- b) Rapports sociaux intraspécifiques.

C) Relations interspécifiques.

IV. LES COMMUNAUTÉS VIVANTES.

- Concept de dominance écologique;
- Distribution des communautés : stratification, zonation;
- Evolution des communautés dans le temps : successions écologiques.

V. ECOSYSTÈMES ET FLUX D'ÉNERGIE.

- Notions d'écosystèmes;
- Les niveaux trophiques;
- Les transferts d'énergie; chaînes et réseaux alimentaires;
- Notions de pyramides écologiques; production et productivité aux différents échelons.

ÉCOLOGIE RÉGIONALE

N. B. — Par cette expression, nous entendons l'étude écologique de quelques biomes.

I. ÉCOLOGIE MONTAGNARDE.

A) *Le climat montagnard* : température, lumière, vent, facteurs hydriques (pluie, neige, rosée, humidité de l'air).

B) *Le rôle de la topographie* : notion de mésoclimat.

C) Les facteurs édaphiques :

- Les principaux types de roche-mère;
- Les sols squelettiques (crêtes, éboulis);
- Evolution des sols : sols de pelouses, sols forestiers, marais et tourbières; interrelations sol-végétation.

D) La végétation :

- Notion d'étage et de série;
- Les principales séries montagnardes et leur répartition dans les divers massifs d'Europe occidentale;
- Les divers courants floristiques : pyrénéens, atlantique, médio-européen, subméditerranéen, pyrénéo-cantabrique;
- Notion d'endémisme; l'endémisme pyrénéen.

E) La faune.

- Caractères généraux;
- Problèmes écologiques et principaux types d'adaptation.

II. ÉCOLOGIE DES DÉSERTS.

- A) *Les grands déserts dans le monde.*
- B) *Facteurs climatiques de la désertification.*
- C) *La flore désertique et ses adaptations.*
- D) *La faune désertique et ses adaptations.*
- E) *Le désert et l'homme.*

III. LIMNOLOGIE.

A) Classification des eaux continentales.

- Les eaux de type lacustre;
- Les eaux courantes.

B) *Hydrologie générale.*

- Lumière, température;
- Mouvement des eaux;
- Gaz et autres substances dissoutes.

C) *Le peuplement des eaux continentales.*

- Généralités sur la flore et la faune aquatiques;
- Les populations et les communautés des eaux continentales.

D) *Les eaux continentales dans l'économie humaine : importance de la pollution.*

IV. ÉCOLOGIE LITTORALE.

A) *Généralités.*

- Subdivisions biologiques de la zone intertidale : niveaux cotiaux, niveaux bionomiques, notion d'étagé;
- Principaux facteurs écologiques : facteurs hydrographiques et cotiaux, marées, courants côtiers, hydrodynamisme interstitiel et superficiel;
- Facteurs hydrologiques, eaux recouvrantes et eaux interstitielles, température, salinité, oxygénation, pH, autres facteurs;
- Facteurs édaphiques chimiques et physiques.

B) *Bionomie descriptive des estrans meubles du littoral atlantique : plages océaniques en mode battu, peuplement des plages nues, baïnes et dunes; plages abritées, slikke, haute slikke, schorre et zone parhalienne.*C) *Bionomie descriptive des côtes rocheuses atlantiques : ceintures végétales (algues, lichens, halophytes); étalement de la faune sessile.*

V. ÉCOLOGIE DES EAUX SAUMÂTES.

A) *Généralités : définitions, principaux types, classifications.*B) *Répartition mondiale et biogéographie.*C) *Bionomie descriptive des estuaires.*D) *Bionomie descriptive des étangs littoraux.*E) *Notions de milieux de transition et continentalisation de certains milieux d'origine marine : lacs littoraux, polders.*F) *Importance des eaux saumâtres dans l'économie humaine. Production et productivité des eaux saumâtres. Différents types d'exploitation. Exploitation biologique des eaux saumâtres : aquaculture.*

VI. ÉCOLOGIE MARINE.

N.B. — Cet enseignement est obligatoire pour les étudiants d'océanographie générale (partie « océanographie biologique ») et facultatif pour les étudiants d'écologie générale.

A) *Les grandes subdivisions des milieux océaniques.*

- Classement des océans et des mers en fonction de la profondeur, de la topographie, de la température et de la salinité.
- L'étagement biologique dans le domaine pélagique et dans le domaine benthique.
- Principes et méthodes. Systèmes d'étagement.

B) *La vie pélagique.*

- Définitions préliminaires et classifications.
- Le plancton. Adaptation à la vie planctonique. Fluctuations saisonnières, distribution verticale, migrations du plancton. Notions de biocoenoses et de communautés planctoniques.
- Le necton. Exemples de populations nectoniques. Les déplacements du necton en rapport avec les activités biologiques (*nutrition, reproduction*), ou les facteurs abiotiques (*courants et masses d'eau*).

C) *La vie benthique.*

- Rapports avec le substrat. Ethologie alimentaire et reproduction. Notions de biocoenoses et de communautés benthiques. Exemples.

D) *Niveaux de production et chaînes alimentaires.*

- Biomasses et production aux échelons primaire, secondaire, tertiaire.
- Comparaisons et interférences des chaînes alimentaires dans les domaines pélagiques et benthiques.
- Contribution des océans à l'économie humaine. Production globale, fraction exploitable, fraction exploitée.
- Valorisation et aquaculture des milieux océaniques.

ÉCOLOGIE ET GÉOGRAPHIE HUMAINE

N. B. — Cet enseignement sera dispensé sous forme de conférences complémentaires.

- A) *Pollution de l'atmosphère et des eaux*. Les différents types de pollutions. Pollutions ménagères et industrielles. Pollutions radioactives. Pesticides.
- B) *Les richesses naturelles*. Inventaire, menaces ou destruction de ces richesses. Conservation des richesses naturelles.
- C) *Parcs nationaux*. Parcs naturels régionaux. Législation. Réalisations achevées ou en cours.
- D) *Urbanisation*, aménagement des loisirs et protection de la nature. Rôle du biologiste vis-à-vis des obligations économiques et des instances politiques ou administratives.

TRAVAUX PRATIQUES ET DIRIGES

I. TECHNIQUES ET MÉTHODES.

A) *Hydrologie*.

- Dosages et analyses : pH, oxygène dissous, température, salinité, dosages complexométriques (Na, Ca, Mg, K).

B) *Pédologie*.

- Dosages et analyses : carbone et azote organique du sol, granulométrie, porosité, perméabilité.
- Identification et description de quelques types de sols de la région aquitaine : podzols, rendzines, sols bruns, prés salés, tourbières.

C) *Cartographie*.

- Photo-interprétation aérienne.
- Méthodes pour l'utilisation des cartes de végétation. Profils caractéristiques.
- Application à quelques exemples propres à l'Aquitaine.

D) *Climatologie*.

- L'évolution du climat le long de la côte atlantique de Bayonne à La Rochelle. Utilisation de divers indices et diagrammes. Comment peut-on caractériser un climat ?

- Application à l'étude de deux mésoclimats liés à la topographie (deux versants) en Périgord.

E) *Statistiques*.

- Éléments de statistique appliqués à des problèmes d'écologie.

II. ÉCOLOGIE DESCRIPTIVE.

A) *Mares*.

- Mares temporaires : inventaire biologique; types d'adaptation; incidence des conditions écologiques sur les cycles biologiques.
- Mares permanentes : peuplements benthiques et pélagiques; inventaires, différents types de mares, microclimats.
- Tourbières : sols et microclimats : les différentes associations végétales (environs de Villandraut). Evolution de la végétation des mares.

B) *Eaux courantes*.

- Étude écologique d'une petite rivière du sud-bordelais : le Saucats.

C) *Eaux saumâtres*.

- Étude écologique d'un étang saumâtre de la région du Teich.
- Les associations végétales d'un pré salé particulier : région de Lège.

D) *Écologie littorale*.

- Faune et végétation des prés salés du Bassin d'Arcachon.
- Étude des ceintures algales d'Arcachon.
- Végétation intertidale des falaises et plages de la côte basque.
- Étude des relations trophiques entre le meio-benthos et la macro-faune intertidale du Bassin d'Arcachon.

E) *Écologie terrestre*.

- Étude comparative des différents étages de végétation de la région de Gavarnie.
- Les divers types de landes atlantiques; rôle du drainage.
- Les groupements végétaux de la dune littorale et de la dune ancienne.
- Les relations sol-végétation dans l'Entre-deux-Mers.

- Faune endogée de différents types de sols. Composition des peuplements ; comparaisons adaptatives et biocoenotiques.

F) Parasitisme.

- Ecologie parasitaire chez la grenouille et le ver de terre.

G) Adaptations.

- Les diverses adaptations des végétaux (xérophytisme, vie aquatique...).

III. POPULATIONS ANIMALES ET GROUPEMENTS VÉGÉTAUX.

A) Structure d'une population littorale d'*Orchestia gammarella*. Evolution saisonnière et cycle biologique.

B) Ethologie alimentaire et locomotrice, rythme nyctéméral, phase pélagique et endogée, chez *Eurydice pulchra*.

C) Etude de pelotes de régurgitation de rapaces. Inventaire de la faune micromammalienne de quelques biotopes régionaux. Comparaison des données, suivant les sites. Incidences des facteurs géographiques (sites) ou biologiques (rapports prédateurs-proie) sur la composition des pelotes.

D) Notion d'individu d'association et d'association végétale. Initiation à la méthode des relevés phytosociologiques (méthode des carrés). Notion d'aire minimale, de caractéristique, d'indices d'abondance-dominance et de sociabilité.

- Application aux chênaies de l'Entre-Deux-Mers, avec leurs différents faciès.
- Relevés dans une lande sur calcaire.
- Relevés dans les divers types de landes, sur sols podzoliques.

LYON

Université de LYON-I Section de Biologie Animale et Zoologie et Département de Biologie Végétale

16, Quai Claude-Bernard, 69 - LYON 7*

A) NIVEAUX ET DURÉE DES ÉTUDES.

Après 3 années d'études supérieures, les étudiants suivent un certificat de la Maîtrise de Biologie, le *Certificat d'Ecologie*, puis l'année suivante un *Diplôme d'Etudes Approfondies* (D.E.A.).

Ils peuvent ensuite continuer en vue de l'obtention d'un *Doctorat de Spécialité*.

B) ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT.

Enseignement théorique.

Cours magistraux : 3 heures par semaine.

Enseignement pratique.

Très développé et diversifié, reçu par équipes. Il comprend :

- des manipulations au laboratoire et sur le terrain ;
- des stages dans des stations spécialisées dans différents domaines de l'écologie.

Rapport de recherche.

Mémoire consignant les recherches personnelles pratiquées pendant l'année du D.E.A.

C) THÈMES TRAITÉS.

Ecologie générale, formation fondamentale :

- étude pratique des milieux ;
- pédologie ;
- microbiologie ;
- phytosociologie ;
- équilibres naturels ;
- chaînes trophiques et productivité.

Hydrobiologie continentale.

- hydrologie (eaux courantes, stagnantes, phréatiques, karstiques) ;
- flore et faune des eaux douces et des zones humides ;

- pollution des eaux (détection, épuration);
- limnologie (plancton lacustre).

Faune terrestre.

- Insectes.
- Oiseaux.
- Petits Mammifères.

DOMAINES D'APPLICATION POSSIBLES

A) AGRICULTURE.

Étude du cycle biologique des insectes parasites des cultures. Pédologie, microbiologie; amélioration des sols; reboisement.

B) PISCICULTURE.

Définition de la qualité des eaux. Empoisonnement. Nutrition des poissons (analyse de contenus stomacaux...). Développement de la pêche

C) POLLUTION.

Étude de la pollution (plans d'eau, rivières). Recherches des indices biotiques et de l'origine des pollutions. Doses toxiques limites pour les diverses espèces.

D) AMÉNAGEMENT.

Aménagement des zones humides (marais, tourbières...). Repérage et traitement de gîtes à moustiques.

E) NATURE.

Chasse; aménagement, repeuplement. Ornithologie (oiseaux aquatiques). Création, aménagement et maintien de réserves et parcs naturels, botaniques et zoologiques.

MODALITÉS D'EMPLOI

Bourses d'étude et de recherche, contrats, engagements par les secteurs public et privé.

ORLÉANS

Création à la Faculté des Sciences d'Orléans-la-Source d'un enseignement d'Ecologie Appliquée (Troisième Cycle)

Les progrès scientifiques et techniques, la croissance démographique, l'augmentation du niveau de vie sont les causes actuelles d'un impact de plus en plus considérable de l'homme sur son environnement. Tout un chacun a en mémoire des exemples récents de pollution des eaux de nos rivières, de pollution atmosphérique, de destruction de milieux naturels (remembrement et arrachage des haies, aménagements touristiques, etc.) ou d'épandages inconsidérés de pesticides qui s'accroissent dans la biosphère et mettent en danger la survie même de l'espèce humaine.

Pour remédier à cet état de chose, il est devenu indispensable de former d'urgence des « ingénieurs écologistes » capables de conseiller efficacement les administrations responsables. En l'absence d'un Institut d'Ecologie Appliquée, le seul palliatif est de créer un enseignement de haut niveau (3^e Cycle) s'adressant aussi bien aux titulaires de maîtrises es Sciences qu'aux titulaires de maîtrises es Lettres (Géographes), qu'aux diplômés des Facultés de Droit et Sciences Économiques.

La durée des études est de deux années : la première comporte un enseignement théorique ainsi que des stages auprès de divers organismes; la seconde année est consacrée à la réalisation d'un travail personnel qui fera l'objet d'une thèse de troisième cycle.

Cet enseignement permet d'obtenir d'une part le Diplôme d'Études Approfondies et un Doctorat de Spécialité (Diplômes nationaux), d'autre part le titre de Conseiller Écologiste de l'Université d'Orléans.

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT (Première année)

A. — ENSEIGNEMENT THÉORIQUE (premier semestre).

I. Concepts fondamentaux de l'écologie.

Notions d'équilibres biologiques.

II. Les sources de déséquilibre.

- a) d'origine naturelle;
- b) liées à la société.
 - d'origine urbaine: caractéristiques, aspects techniques, économiques, juridiques; exemples.
 - d'origine industrielle: caractéristiques, aspects techniques, économiques, juridiques; exemples.
 - d'origine agricole: caractéristiques, aspects techniques, économiques, juridiques; exemples.

III. Prévention et lutte.

- a) planification et droit de la planification;
- b) organismes internationaux et organisation en France;
- c) aspects économiques, juridiques, scientifiques et techniques de la prévention et de la lutte contre les sources de déséquilibre.
- d) nuisance et santé publique.

B. — VISITES, STAGES ET CONFÉRENCES (deuxième semestre).

— Différentes visites seront organisées pour illustrer l'enseignement théorique (Centrales électriques, Complexe sidérurgique, Pétrochimie, Usines de produits pharmaceutiques, alimentaires, etc.).

— Deux stages d'une semaine minimum seront organisés pour tous les étudiants du 3^e Cycle:

* au Centre de Formation et de Documentation sur les nuisances industrielles à Paris (Ministère de l'Industrie et Chambre de Commerce de Paris);

* au Parc National de la Vanoise (ou parc régional du Vercors). L'utilisation d'une documentation aux fins de vulgarisation fera l'objet d'un cycle de conférences au cours de ce stage.

— En outre, chaque étudiant devra effectuer un stage auprès d'un organisme de son choix en fonction de ses goûts et aptitudes.

Les cours seront donnés par des Enseignants de l'Université d'Orléans (Droit et Sciences économiques, Lettres

et Sciences Humaines, Sciences), du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (Service de la Conservation de la Nature) et par des spécialistes appartenant aux Ministères de l'Équipement, de l'Industrie, de l'Agriculture, des Affaires Culturelles, aux Agences financières de Bassins, etc. Des conférences faites par des Médecins, des Architectes, des Conseillers juridiques, etc. compléteront l'enseignement théorique.



Les débouchés prévus pour cet enseignement sont de deux ordres, administration ou recherches fondamentales ou appliquées.

Dans un premier temps, les « conseillers écologistes » trouveront des emplois auprès d'un certain nombre d'organismes, Ministères des Affaires culturelles, de l'Agriculture, de l'Industrie, etc., Organisation d'Étude d'Aménagement d'aires métropolitaines ou d'Aménagement des Vallées (O.R.E.A.M. ou O.R.E.A.V.), Agences financières de Bassins, Industries, etc.

Dans un second temps, ces conseillers devront disposer d'équipes de recherches pluridisciplinaires composées de Biologistes, de Chimistes, de Géographes, de Juristes, d'Économistes et de Sociologues, de Médecins, etc., équipes susceptibles d'étudier n'importe quel problème écologique sous tous ses aspects. Il est bien évident que ceci nécessitera une infrastructure importante et que les équipes de recherches constituées devront avoir les moyens, en dehors des travaux réalisés sur commande, de poursuivre des recherches fondamentales ou appliquées dans le cadre d'un Institut d'Ecologie Appliquée qui pourra comprendre plusieurs sections spécialisées (nuisances industrielles, nuisances urbaines, aménagement du territoire, etc.) réparties en différents points du territoire national.

L'enseignement créé cette année à la Faculté des Sciences d'Orléans n'est donc qu'une contribution à un ensemble qui a besoin, pour s'édifier rapidement et solidement, du concours de tous les écologistes désireux de conserver à l'homme un environnement acceptable.

PARIS

Les enseignements de botanique tropicale à la Faculté des Sciences de Paris

PRINCIPES ET ORIENTATIONS.

Créé en 1958, sur l'initiative de M. le Professeur Mangenot, l'enseignement de Botanique tropicale (3^e

Cycle) de la Faculté des Sciences de Paris présente plusieurs orientations, qui s'interpénètrent étroitement:

- Taxinomie,
- Morphologie et anatomie,

- Phytogéographie,
- Ethnobotanique et usages des plantes.

Cet enseignement comporte :

- des cours, surtout consacrés à la phytogéographie et à la morphologie,
- des travaux dirigés, qui constituent une initiation à la recherche :
 - fixations, inclusions, coupes, colorations,
 - diverses techniques morphologiques (notamment éclaircissements au chloralactophénol),
- anatomie : divers tissus et constituants, leur mise en évidence,
- morphologie : feuilles des Dicotylédones et des Monocotylédones, inflorescences, fleur, pollens,
- techniques photographiques,
- cartographie botanique : interprétation des cartes, interprétation d'aires géographiques d'espèces, de genres ou de familles,
- initiation aux méthodes de la taxinomie,
- initiation aux flores tropicales : détermination de spécimens appartenant aux principales familles,
- emploi des méthodes statistiques,
- initiation au travail bibliographique.
- des séminaires d'étudiants, avec exposé et discussion,
- des visites de serres et de jardins botaniques,
- des conférences faites par des personnalités scientifiques étrangères à la Faculté (parmi les sujets traités figurent : la biologie florale, l'écologie des plantes aquatiques, l'écophysiologie de la mangrove, etc.).

L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYTOGÉOGRAPHIE TROPICALE.

Les deux aspects fondamentaux, flore et végétation (cf. Thurmman, 1849) sont évidemment tous deux développés. Un accent particulier est mis sur l'importance fondamentale de la taxinomie dans ces deux domaines de la phytogéographie.

Les modes de dispersion des espèces et les aires font l'objet d'une attention particulière. En particulier est développé le rôle des structures et de l'écologie des espèces dans la réalisation des aires géographiques, qui ne sauraient s'expliquer uniquement par l'ancienneté plus ou moins grande des taxons. C'est ainsi que les espèces de marécages et les rudérales ont souvent des aires très vastes, relevant d'une tout autre interprétation historique que, par exemple, l'aire de certains genres pantropicaux à graines parfois plus ou moins lourdes.

Les structures sont largement développées, dans leurs rapports avec la phytogéographie. Si certaines d'entre

elles sont indiscutablement le résultat de causes historiques (ségrégation des gènes à la faveur des faits paléogéographiques), il en est d'autres qui sont liés aux divers milieux écologiques; les spectaculaires convergences morphologiques entre des représentants de familles très diverses vivant dans la forêt dense tropicale humide en sont un exemple classique; la spinosité est surtout développée dans les régions sèches (cf. les steppes à épineux, etc.); les épines à valeur caulinaire, foliaire ou stipulaire prédominent dans celles-ci, alors que les épines à valeur de racines se rencontrent (concurrentement avec celles du type précédent) essentiellement dans les forêts des climats humides.

Les facteurs du milieu tropical sont exposés. Certains d'entre eux, spécifiques, ont un rôle fondamental : feux annuels, cuirasses ferrugineuses. Les interrelations plante-milieu sont envisagées dans le cadre global de l'environnement, où l'homme, ses feux, ses troupeaux, ses divers modes de vie (eux-mêmes conditionnés par le milieu) sont des facteurs de première importance, au même titre que les causes climatiques ou édaphiques. La comparaison entre les caatingas brésiliennes et les steppes à épineux de l'Ouest africain illustre ce rôle primordial des faits humains dans la structure de la végétation.

Les groupements végétaux sont traités sur un plan général, depuis les phytosociologies zuricho-montpelliéraines et scandinaves jusqu'aux méthodes plus récentes basées sur la notion du *continuum*. Les divers groupements végétaux tropicaux sont ensuite passés en revue, dans le cadre de leur dynamisme : action anthropique, rôle des feux, diverses hypothèses possibles concernant l'origine des savanes, etc.

Enfin, dans une dernière partie de l'enseignement, sont traités les principaux traits de la flore et de la végétation des divers grands territoires tropicaux.

LES STAGES DE 3^e CYCLE.

Les stages effectués par les élèves préparant le diplôme d'Etudes approfondies (D.E.A.) se font de façon générale au laboratoire. Ils ont pour but l'acquisition, par un travail personnel sur un sujet limité, des techniques et méthodes qui pourront être utilisées par la suite, en Europe ou en pays tropicaux. Dans quelques cas, le stage est effectué, en partie au moins, dans d'autres établissements scientifiques. Une heureuse collaboration s'est ainsi instaurée, notamment, avec le Muséum National d'Histoire Naturelle, l'Institut d'Élevage et Médecine Vétérinaire des pays tropicaux et la Faculté de Pharmacie de Paris.

LES THÈSES.

Bon nombre de thèses de 3^e Cycle ont été préparées à Paris. Les unes sont morphologiques et portent soit sur des problèmes généraux (ligule des Graminées, croissance foliaire, etc.) soit sur des sujets particuliers, dont certains ont une importance en pays tropicaux (« acarodomaties », glandes foliaires, bourgeonnements épiphylls des Fougères, morphologie des Euphorbes charnues de Madagascar, etc.). Un diplôme d'études supérieures a été soutenu sur les plantes myrmécophiles d'Afrique. Une récente thèse d'Etat a apporté des conceptions nouvelles sur la morphologie et la phylogénie de la feuille.

D'autres thèses soutenues au laboratoire ont porté sur des sujets de systématique : révisions de groupes tropicaux, sur la base des herbiers du Muséum National d'Histoire Naturelle. Dans ces révisions, les aspects biogéographiques, écologiques et ethnobotaniques ont été autant que possible développés.

D'autres, en cours de préparation ou déjà soutenues, ont pour objet certains groupements végétaux tropicaux, étudiés sur le terrain au cours de séjours plus ou moins longs. Ceci implique une mobilité des chercheurs, mobilité réalisée suivant des modalités diverses : élèves retournés dans leur pays d'origine et revenant ensuite à Paris pour terminer leur thèse, missions, stages dans des organismes scientifiques tropicaux, etc. C'est ainsi que deux de nos élèves étudient actuellement, dans le cadre du Programme Biologique International, certains groupements de savanes à la Station de recherches écologiques de Lamto (Côte d'Ivoire); ils termineront leur thèse de 3^e cycle à leur retour en France.

Une thèse de 3^e cycle sur l'ethnobotanique du Cameroun a été soutenue en 1968 par une de nos élèves à l'issue d'un long séjour dans ce pays; ce travail tient largement compte de l'environnement.

Actuellement, trois de nos élèves, partis en pays tropicaux à des titres divers, entreprennent une thèse de 3^e Cycle sur des sujets ethnobotaniques, après une phase de préparation à Paris.

AUTRES RECHERCHES.

Divers travaux de morphologie poursuivis par des chercheurs du laboratoire ont tenu compte des faits phytogéographiques et écologiques. Une étude taxinomique des *Bauhinia* (Césalpiniées) accorde une large place à la morphologie et à la phylogénie de leur feuille, ainsi qu'à la répartition géographique des types foliaires, qui traduit les migrations des taxons, parallèlement à leur évolution phylogénique. De façon comparable, les études taxinomiques, anatomiques et morphologiques,

actuellement poursuivies sur les Podostémacées américaines, tiennent compte des faits écologiques et biogéographiques; certaines structures sont liées à l'écologie des espèces, alors que d'autres (cf. les différences entre les groupes paléotropicaux et néotropicaux) sont liés à des directions évolutives différentes réalisées dans des territoires distincts. L'étude des structures se doit d'envisager simultanément les aspects phylogéniques, écologiques et biogéographiques.

ORIGINES ET CARRIÈRES ULTÉRIEURES DES ÉLÈVES ET CHERCHEURS.

Le recrutement des élèves et chercheurs de Botanique tropicale procède de plusieurs origines :

- candidats se destinant à une carrière en pays tropicaux,
- candidats de destinant à une carrière de recherche en pays tempérés, mais portant sur des sujets tropicaux,
- candidats appartenant déjà à un organisme de recherche (tel que le Muséum National d'Histoire Naturelle, l'O.R.S.T.O.M., l'Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays tropicaux, etc.) et venant travailler au laboratoire de Botanique tropicale,
- candidats désirant acquérir un D.E.A. (par exemple en vue d'une carrière d'enseignement) et s'intéressant à la biogéographie ou aux questions tropicales, mais ne désirant pas poursuivre dans cette direction,
- candidats issus de pays tropicaux, et désirant y retourner en vue d'une carrière d'enseignement ou de recherche.

Dans cette dernière catégorie, le laboratoire, depuis ses origines, a compté des élèves et chercheurs appartenant aux pays suivants : Brésil, Sénégal, Haute-Volta, Côte d'Ivoire, Cameroun, Congo, Madagascar, Ile Maurice, Vietnam, Laos.

De plus, les enseignements ont, à maintes reprises, été suivis, à titre d'élèves libres, par des personnes d'orientations diverses, scientifiques ou littéraires.

De ces diverses origines découle que les carrières ou les activités des chercheurs et élèves qui ont quitté le laboratoire sont elles-mêmes multiples :

- recherche en France sur des matériaux tropicaux,
- recherche en pays tropicaux,
- enseignement en France,
- enseignement en pays tropicaux (Universités, Ecoles Normales supérieures).

Bon nombre d'anciens élèves ou chercheurs de Botanique tropicale se trouvent actuellement dans les cadres du Muséum National d'Histoire Naturelle, de l'O.R.S.T.O.M. et des Universités de pays tropicaux francophones.

CLERMONT-FERRAND

Renseignements concernant l'Enseignement de l'Ecologie à Clermont-Ferrand

Renseignements concernant l'Enseignement de l'Ecologie à Clermont-Ferrand.

1) Un cours d'Ecologie de 1 heure annuelle portant sur le programme suivant est donné aux élèves de C1 (Zoologie), du CAPES et de l'Agrégation : *Cours d'Ecologie* (1 heure annuelle).

Introduction à l'Ecologie : principes, méthodes, champs de recherches.

Les Facteurs abiotiques du milieu.

Les Facteurs biotiques.

Les Relations entre organismes d'une même espèce et entre organismes d'espèces différentes. Productivité biologique. Chaînes alimentaires.

Communautés. Rythmes d'activité. Successions écologiques.

Le milieu marin.

Les milieux saumâtres.

L'eau douce et ses facies : eaux dormantes, eaux courantes.

Les Adaptations au milieu aquatique.

Les milieux terrestres : plaines et montagnes ; savanes ; steppes ; déserts ; milieu hypogé ; vie insulaire ; les forêts.

Les Adaptations aux milieux terrestres : la vie souterraine, la vie arboricole.

Le milieu aérien : adaptation au vol.

Répartition géographique des espèces.

Ecologie appliquée ; Protection de la nature.

2) Des stages sont organisés à la Station de Besse-en-Chandesse pour tous les élèves de Juin à Septembre. Sur le terrain, sont organisées essentiellement des études pratiques des eaux.

— comparaison des caractéristiques physicochimiques et des faunes entre un lac eutrophe, un lac mésotrophe, un lac oligotrophe, un lac dystrophe.

— comparaison entre les faunes de facies lotique et de facies lentique, le long d'un torrent ou d'un ruisseau.

— comparaison entre les caractéristiques physicochimiques et les faunes des mares à végétation et des mares à feuilles.

— étude des milieux temporaires et des milieux salés (sources thermales).

Des observations portent également sur la faune de la Hêtraie.

3) Un stage est prévu pour les élèves qui le désirent dans une Station maritime.

4) Il a été réalisé, avec l'Institut Pédagogique du Film, un film sur le Ver de terre : aspects écologiques, 16 mn, couleur, sonore, 25 minutes et un film sur « Le Lac Pavin, exemple d'écosystème » est en cours de réalisation avec l'équipe de cinématographie du C.N.R.S.

Enfin, un projet de film sur une comparaison des eaux courantes et des eaux stagnantes est en étude.

5) Des photocopies d'Ecologie sont distribués aux étudiants.

ROUEN

Enseignement de l'Ecologie à la Faculté des Sciences

Un enseignement d'Ecologie est dispensé à la Faculté des Sciences de Rouen depuis l'année universitaire 1968-1969. Cet enseignement a valeur de C⁴ pour la maîtrise de Sciences Naturelles et intervient en 2^e année de la maîtrise d'enseignement (unité B³). Dans une optique interdisciplinaire les cours, travaux dirigés et travaux pratiques sont assurés conjointement par la Faculté des Sciences et l'INRA (Laboratoire de Zoologie de Rouen).

Quelques cours sont en outre animés par M. GOUNOT, Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg.

Notre but est ici de présenter en quelques mots les thèmes abordés dans cet enseignement. L'ensemble pourait paraître encore bien incomplet. Il est certain que les efforts seront poursuivis afin de l'améliorer ; en particulier, une association avec d'autres Facultés équipées pour la préparation d'un DEA et des thèses de 3^e cycle est envisagée.

COURS.

- Définitions, classification des facteurs écologiques. Les principaux facteurs écologiques (lumière, température, facteurs hydriques, réaction des eaux et des sols, etc.).
- Cycles biogéochimiques (Eau, N, C, P, S, cations biogènes...).
- Pédologie - Autécologie - Interactions plantes-animaux - Adaptations, cycles, migrations.
- Etude d'une population.
- Dynamique des populations - modèles mathématiques.
- Echanges d'énergie - tapis végétal - milieu.
- Etude quantitative de la végétation.
- Biocénose et écosystème.
- Bionomie benthique - Paléocécologie.
- Groupements végétaux : dynamique en fonction des facteurs climatiques, pédologie - notion de climax.
- Communautés animales et évolution en fonction des facteurs.
- Invasion des territoires nus.
- Echanges trophiques. Productivité des écosystèmes.
- Intérêt pratique de l'Ecologie.

TRAVAUX PRATIQUES.

Les manipulations ont été organisées suivant le principe des « postes de travail ». Nous nous sommes efforcés, dans toute la mesure du possible, de mettre au point des techniques nécessitant des appareils utilisés dans les recherches écologiques actuelles. Moyennant des crédits les efforts pourront être poursuivis dans cette voie. Par ailleurs, conscients de l'importance de l'écologie dans les programmes du secondaire, les enseignants ont cherché à donner aux étudiants des techniques simples, facilement réalisables par les élèves des lycées.

Principales manipulations :

- Carbone et matière organique des sols.
 - Méthode Anne.
 - Méthode Anne modifiée.
 - Méthode colorimétrique de Khanna.
 - Four à moufle (Matière organique).
- Travail réalisé sur plusieurs sols (Rendzine, sol brun forestier, podzol, terre de jardin).
- Comparaison des méthodes.
 - Dosage de la matière organique, des eaux.
- Minéralisation de l'Azote et dosage de l'Ammoniaque. Après entraînement par la vapeur d'eau (Méthode de Kjeldahl, appareil de Navellier).
- Mesure du pH : méthodes électrométrique et colorimétrique.

Conductimétrie (courbe d'étalonnage - eau de mer, de tourbière, de pluie, de mare...).

Dosage des Chlorures (réfractométrie) dans des extraits de sol par dosage chimique (méthode de Mohr).

- Tests de Fertilité (oligomètre et fertilimètre Goujon). Le potassium dans les sols : dosage colorimétrique au jaune brillant.
- Anatomie adaptative (milieu sec, milieu aquatique).
- Humidité actuelle : évolution le long d'un profil. Deux méthodes sont proposées :
 - Thermo balance Ultramat.
 - Méthode classique (étuve à 105 °C).
- Porosité comparée des sols.
- Dosage des Carbonates (calcimètre Bernard).
- Etude biologique d'un sol. (Quelques aspects) :
 - Numération des champignons - microorganismes Actinomycètes.
 - Principales fonctions des microorganismes dans le sol.
 - cycle de l'Azote : fixateurs aérobies et anaérobies. Ammonification - nitrification.
 - cycle du Carbone : Amyolyse, cellulolyse aérobie - anaérobie.

Cette étude sera élargie et complétée ultérieurement.

- Analyse texturale des sols.
- Ecologie des Foraminifères actuels.
- L'oxygène dissous dans l'eau - demande biologique en oxygène.
- Etude qualitative et quantitative de la faune d'une eau douce (mare), de la litière (Hétraie).
- Compétition Collembolles - Acariens.
- Etude de 2 populations de drosophiles.
- Préférences thermiques, hygrométriques, photiques d'Arthropodes.

TRAVAUX DIRIGÉS.

- Eléments de statistique nécessaires à l'étude quantitative des échantillons récoltés.
- Les Sociétés Animales : Définition, organisation et dynamique des Sociétés, biologie, castes (Termites. Fourmis, Apidés).
- Cartographie de la végétation.
 - Principes et méthodes.
 - Applications : profils phytocécologiques.
 - Etude critique de la carte de Rouen (voir excursions).
- Représentations synthétiques du climat :
 - Indices de sécheresse, Phytoclimogrammes, réalisation de diagrammes ombrothermiques (Boulogne, Rouen, Marseille, etc. Oran, Sud-Tunisien).

- Variations annuelles de la température dans une tourbière et hors tourbière (Bray). L'étude est réalisée à partir de données fournies par des thermographes à sondes (— 10 cm, surface, + 30 cm, + 150 cm).

En outre dans le cadre des Travaux dirigés de nombreuses études sur le terrain sont organisées de façon à donner aux étudiants une ample connaissance des biotopes de la région : les excursions sont conduites sous la direction des 3 laboratoires (Botanique, Zoologie, Géologie).

Forêt de Lyons.

- La hêtraie, l'aulnaie à Sphaignes.
- La Chênaie et groupements dérivés.
- Synécologie des groupements forestiers - Etude de profils pédologiques.

Baie de Somme.

Zonation en fonction du régime des marées - Végétation à déterminisme édaphique : vases salées, levées de galets, dunes.

Vallée de la Seine.

Excursion destinée à réaliser une étude critique de la carte de la végétation de Rouen. La vallée de la Seine constitue en effet l'axe phytogéographique fondamental de la région : échelons d'appauvrissement en espèces thermophiles de l'amont vers l'aval.

Basse Normandie (19-26 mai 1970).

- Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer.
- Marais et tourbières de Gorges et Carentan. Baie des Veys.
- St-Vaast-la-Hougue : Zonation des Algues et des Lichens.
- Dunes de Biville, Mare de Vauville.
- Landes et tourbières de Lessay.
- Dunes de Coutainville, Agon.
- Ile de Chauvigny.

Ecologie prairiale.

Méthodes de prélèvement sous la direction de M^{me} Ricou (INRA).

MARSEILLE

L'Enseignement en Ecologie

A la Faculté des Sciences de Marseille, on enseigne l'Ecologie à trois niveaux :

A) Maîtrise d'Enseignement (en 2^e année de Maîtrise de Sciences Naturelles) s'effectuant aux Centres St-Charles et St-Jérôme (1 h 1/2).

B) Maîtrise de Recherches (Certificat d'Ecologie Générale) dont l'enseignement s'effectue au Centre St-Charles (2 h).

C) Enseignement réservé aux étudiants du D.E.A. de Biologie appliquée (option Ecologie Terrestre et Limnique (3 h).

A. — MAITRISE D'ENSEIGNEMENT

a) PROGRAMME SOMMAIRE DES COURS THÉORIQUES.

L'enseignement envisage les données relatives aux organismes végétaux et animaux et au milieu marin, eaux douces et terrestre.

Ecologie animale (3/4 h).

Généralités sur les Ecosystèmes (Organisation, relations trophiques, transferts d'énergie, rendements bio-énergétique, cycles bio-géochimiques).

Biocénoses (organisation spatiale et temporelle, évolution, successions).

Dynamique des Populations.

Ecologie appliquée. Protection des Ressources naturelles.

Ecologie végétale (3/4 h).

Méthodes (phytosociologiques, écologiques).

Méthodes statistiques appliquées aux Sociétés végétales.

Dynamiques des Sociétés végétales (colonisations des espaces vides, successions, climax. Notion de séries de végétation, cartographie. Ecologie régionale.

b) PROGRAMME SOMMAIRE DES TRAVAUX PRATIQUES (une séance hebdomadaire).

1) *Caractères physiques et chimiques des milieux.*

Eaux : Chlorures, Calcium, Magnésium, Oxygène.

Sols : Granulométrie, Calcaire total. Calcaire actif. Acides humiques, Azote total. ph.

2) *Prospections des milieux.*

Hydrobiologie : Eaux courantes. Collections d'eau à salinité variable.

Ecologie terrestre : La garrigue provençale. Microfaune du sol. Associations phytogéographiques de la Provence suivi de cartographie.

3) *Techniques climatologiques sur le terrain.*

B. — MAITRISE DE RECHERCHE

(Certificat d'Ecologie Générale C4)

a) PROGRAMME SOMMAIRE DES COURS THÉORIQUES.

Ecologie animale (1 h 1/2).

1) Organisation et dynamique des communautés vivantes. Définition et description des biocoenoses. Périodicités. Successions écologiques. Evolution des Biocoenoses. Dynamique des Populations d'une espèce : effectif, structure démographique; relation entre individus de même espèce (compétition, territoires); relations interspécifiques (relations prédateur-proie; hôte-parasite).

2) Echanges matériels et énergétiques et production des écosystèmes. Chaînes alimentaires; transferts d'énergie. Productivité des écosystèmes.

3) Etude approfondie des facteurs du milieu : température, Humidité, Lumière. Caractères écologiques des grands milieux naturels du globe : milieu marin, les eaux saumâtres, les eaux douces, milieu terrestre.

4. Ecologie appliquée. Protection de la Nature. Pollution. Aménagement. Lutte biologique.

Ecologie végétale (1/2 h).

Méthodes d'étude des Sociétés végétales. Cartographie. Végétation du S.E. de la France (Provence calcaire, Provence cristalline. Préalpes. Alpes du Sud.

b) PROGRAMME SOMMAIRE DE TRAVAUX DIRIGÉS.

1) Séances de Climatologie et élaboration d'un Climatogramme.

2) Initiation aux méthodes statistiques en Ecologie : test d'homogénéité, limite de confiance, principales distributions, traitement de couples de variables, corrélation et régression.

3. Dynamique des populations.

c) PROGRAMME SOMMAIRE DES TRAVAUX PRATIQUES.

1) Caractères physiques et chimiques des milieux.

2) Prospections sur le terrain.

3) Etude faunistique approfondie concernant le matériel résultant des prospections.

C. — ENSEIGNEMENT RESERVE

AUX ETUDIANTS DU D.E.A.

DE BIOLOGIE APPLIQUEE

OPTION ECOLOGIE TERRESTRE ET LIMNIQUE

(3 h)

1) ECOLOGIE ANIMALE.

a) *Programme sommaire des cours théoriques.*

Dynamique des populations. Méthodes d'évaluation de l'effectif. Structure démographique. Capacité innée d'accroissement. Action des facteurs climatiques. Compétition intraspécifique et interspécifique. Rôle des comportements sociaux. Relations prédateur-proie, parasite-hôte.

b) *Programme sommaire des Travaux dirigés.*

Discussion à partir d'un thème dont les exposés sont effectués par des groupes d'étudiants, sur :

— La dynamique des divers écosystèmes terrestres et aquatiques. - Forêts, prairies, terrains salés, déserts, grottes, eaux douces, eaux à salinité variable, etc.

Productivité primaire, Productivité secondaire. Cycle de la Matière et de l'Energie.

Dynamique des populations uni ou plurispécifiques. Aménagement. Lutte biologique. Ecologie et protection de la nature.

c) *Séminaires sur les recherches en cours au laboratoire.*

Ecologie du Sol : les Collemboles, les Oribates. Ecologie des Sansouïres de la Camargue. Ecologie des Dunes du littoral méditerranéen.

Hibernation et quiescence des Mollusques xérophiles.
Vie latente des Copépodes continentaux et d'eau saumâtre. Productivité primaire et secondaire des Eaux Saumâtres du littoral méditerranéen (y compris la Corse). Hydrobiologie des eaux courantes (torrent corse), etc.

2) ECOLOGIE VÉGÉTALE (4 séances).

Séminaires sur les méthodes de cartographie. Ecologie de quelques milieux : Forêts, terrains salés, garrigue provençale, etc. :

CAEN

Faculté des Sciences Laboratoire de Physiologie végétale Stage d'Études des Plantes des Bords de Mer

Un stage consacré à l'étude des *plantes des bords de mer* est prévu au Laboratoire de Physiologie végétale de la Faculté des Sciences de Caen, du 29 juin au 11 juillet 1970.

Ce stage comportera six journées d'excursion sur la côte normande, alternant avec 6 journées de travail au laboratoire.

Les excursions porteront sur la végétation phanérogamique :

- des dunes littorales (sables calcaire et siliceux) ;
- des vases salées ;
- des jalaises ;
- des eaux saumâtres ;
- des polders ;
- des milieux tourbeux.

Les journées de travail au laboratoire porteront sur l'étude :

- des sols (pH, teneurs en eau, en Cl, en Na, en calcaire...);
- des eaux (teneurs en O₂, Cl, Na, pression osmotique);
- des *phanérogames récoltés* (convergence morphologique et anatomique, pression osmotique, teneurs en Cl, Na...);
- des bactéries des milieux salés.

Ce stage s'adresse, d'une part, aux étudiants se destinant à l'enseignement ou à la recherche dans le domaine de l'écologie et de la physiologie végétale; d'autre part, aux professeurs de l'enseignement secondaire qui désirent se perfectionner dans ces disciplines.

Les stagiaires pourront être logés (environ 6 F par nuit). Les repas seront pris au restaurant universitaire (4 F par repas) au tarif étudiant sur présentation de la carte de restaurant.

Le nombre des places étant limité, les candidats sont priés de se faire connaître *avant le 10 mai 1970*, à

M. le Professeur BINET
Laboratoire de Physiologie végétale
Faculté des Sciences de Caen

en indiquant : leurs nom et prénoms, leur date de naissance, la situation universitaire actuelle, l'adresse à laquelle devra leur parvenir — à la mi-mai — la suite donnée à leur demande. Les candidats retenus recevront alors toute indication utile sur le déroulement précis du stage.

Géographes, urbanistes, paysagistes, architectes, intéressés par les sciences de l'environnement et une meilleure entente interdisciplinaire, n'ont pas été suffisamment touchés par notre entreprise. Chaque membre de la Société doit faire un effort personnel pour parvenir à ce résultat.

PRODUCTION MARINE ET EXPLOITATION DE LA MATIÈRE VIVANTE

par J. M. PERES

Ce n'est pas sans ressentir certains complexes que je répons à l'aimable invitation de mon collègue le Professeur DELAMARE-DEBOUTTEVILLE en exposant à nos collègues de la Société d'Ecologie l'état actuel de problème de l'évaluation de la production marine, car en parler revient à dresser, en fait, un constat d'ignorance presque totale. Et quand on sait que l'océan mondial, considéré comme une source potentielle de nourriture pour l'humanité, couvre 71 p. cent de la surface de notre planète, on conçoit l'importance de ce problème.

A la base de la pyramide alimentaire, on trouve, dans les océans comme sur les continents, la production végétale, dite production primaire, issue des algues et des phanérogames marines. Si l'on se place du point de vue de l'utilisation directe de cette production primaire par l'homme à des fins alimentaires, on constate dès l'abord qu'elle est pratiquement nulle. Les phanérogames ne sont pas comestibles. Quant aux algues, elles n'ont jamais été consommées, dans les pays autres que l'Extrême-Orient, que dans des régions désertées, et encore, le plus souvent, en période de disette. En Extrême-Orient les produits alimentaires préparés à partir de quelques espèces (*Porphyra*, certaines Entéromorphes, certaines Laminaires), tantôt collectées, tantôt cultivées (en tout, environ 500 000 t/an), ont plutôt la signification d'une garniture que d'un véritable aliment énergétique. Les farines préparées à partir de certaines algues brunes (*Ascophyllum nodosum*, notamment) pour l'alimentation de divers animaux domestiques ne paraissent pas donner réellement aux éleveurs les satisfactions promises par les fabricants.

La production primaire des milieux océaniques

pour devenir accessible à l'homme doit donc, dans sa quasi totalité, passer au moins par l'échelon suivant de la pyramide alimentaire, c'est-à-dire par l'échelon herbivore dit secondaire.

Il importe évidemment, si l'on veut étudier l'échelon secondaire de parvenir à une évaluation de l'échelon primaire dont il se nourrit. Sur le plan global cette évaluation est encore très imparfaite puisqu'elle varie, suivant les auteurs, entre 10^9 et $100 \cdot 10^9$ T/an. Cette production primaire, si frappantes que puissent être les vastes prairies d'algues de beaucoup de côtes, est en fait, à 55 p. 100 environ représentée par les formes unicellulaires. La connaissance que l'on a de celles-ci, sous l'angle de la production, concerne actuellement à peu près uniquement, d'ailleurs, les espèces phytoplanctoniques, alors qu'on a presque totalement négligé jusqu'ici l'étude de la production primaire de micro-phytobenthos, étude qui pose d'ailleurs d'assez sérieux problèmes techniques, puisque beaucoup de Diatomées benthiques sont sessiles et qu'il faut d'abord les détacher du grain de sable sur lequel elles sont fixées. Des observations faites en Mer Noire ont montré jusqu'à 850 millions de Diatomées par m^2 de fond; les recherches extensives de la Station marine d'Endoume dans la région marseillaise (M.-R. PLANTE-CUNY) ont prouvé que si des Diatomées benthiques apparemment autotrophes existent en petit nombre jusqu'à 350 m de profondeur environ, les fonds meubles du plateau continental présentent, surtout jusque vers 55-60 m, des populations très importantes, dotées d'un cycle annuel net, comparable à celui des espèces phytoplanctoniques. Même dans l'étagé circalittoral, c'est-à-dire sur la partie inférieure

du plateau continental, il est donc tout à fait faux d'affirmer, comme on l'a fait très généralement jusqu'à une époque très récente, que la base de la pyramide trophique est purement exogène lorsque les algues multicellulaires font défaut.

Quoique certains invertébrés de l'échelon secondaire se nourrissent en capturant individuellement les organismes végétaux unicellulaires, la plupart collectent leur nourriture par filtration. Cette particularité complique considérablement le problème, et ceci pour deux raisons. La première est évidemment qu'un filtre ne retient les corps figurés qu'en fonction de la dimension de ses mailles et aussi en fonction du dispositif de rejet (pratiquement toujours présent), dont le rôle est d'éliminer, avant contact avec le filtre, les corps figurés trop gros, ou de morphologie inadéquate, qui risqueraient d'endommager celui-ci. Il en résulte, d'une part, qu'il est difficile de ranger de façon absolue un filtreur dans l'échelon herbivore car son filtre arrêtera aussi bien, pourvu qu'il en tienne dans la gamme dimensionnelle convenable, des cellules végétales que des protozoaires ou de petits métazoaires, qui eux, appartiennent déjà à cet échelon secondaire. Il en résulte aussi, d'autre part, qu'il peut y avoir dysharmonie entre les dimensions de la nourriture disponible et les capacités de filtration du consommateur : par exemple une population de Copépodes « herbivores » pourra mourir de faim au sein d'un milieu à production primaire intense, si les phytoplanctontes sont de taille trop restreinte pour être arrêtés par le dispositif de filtration, à moins que cet échelon primaire ne soit consommé par des Ciliés dont la taille supérieure permettra la collecte par le Copépode, rendant ainsi accessible à celui-ci une fraction seulement de l'énergie représentée par la production primaire originelle.

C'est pour des raisons de cet ordre, parmi d'autres d'ailleurs, qu'il serait trop long d'exposer ici, que les méthodes d'évaluation de la production primaire par le ^{14}C sont loin de donner toujours une idée correcte de la fertilité potentielle en vue de l'exploitation d'une aire donnée de l'océan mondial. Les recherches faites par la Station marine d'Endoume (H. J. MINAS) sur la production primaire du pélagos dans la Méditer-

ranée nord-occidentale en donnent un exemple frappant; la méthode au ^{14}C fournit, en effet, des chiffres de l'ordre de 72 g/C/m²/an, c'est-à-dire assez voisins de ceux de la Mer du Nord, alors que les apports de la pêche sont très supérieurs, pour cette dernière, à ceux de la région méditerranéenne étudiée. L'explication a été fournie par l'étude simultanée de la production primaire par la méthode au ^{14}C et par celle fondée sur la consommation des sels minéraux nutritifs (nitrates et phosphates); H. J. MINAS a pu ainsi, dans la production globale fournie par la méthode au ^{14}C , distinguer une fraction (à peine un tiers du total) qu'il appelle production primaire de base et qui correspond à la consommation, par exemple au moment de la poussée printanière, de la réserve minérale, production primaire de base qui est véritablement utilisée par le zooplancton « herbivore ». Les deux autres tiers correspondent à une production apparente due à un recyclage rapide après minéralisation des déchets organiques, par des microorganismes ou des phytoplanctontes de très petite taille, inutilisables, apparemment, pour l'échelon secondaire.

Un facteur supplémentaire d'incertitude en ce qui concerne la quantité de nourriture mise à la disposition des filtreurs réside dans le problème des matières organiques mortes. Depuis quelques années on a porté une attention particulière, dans le domaine pélagique, à l'existence de ce qu'on appelle les « agrégats particuliers ». Leur origine est discutée : on a admis, avec des preuves qui ne sont pas irréfutables (et nous n'avons pu reproduire les expériences décrites par les auteurs) qu'ils pouvaient prendre naissance par aggrégation de molécules et de micelles au contact de bulles gazeuses; il est certain aussi que le noyau central peut être constitué par un débris d'organisme mort. Quoi qu'il en soit, ces agrégats sont formés de matières organiques non vivantes et servent de support à des microorganismes divers qui sont capables d'accroître l'agrégat en récupérant, pour édifier leur propre substance, les matières organiques présentes en phase dissoute dans l'eau de mer. Il y a là un des problèmes majeurs de l'océanographie contemporaine et qui justifie les efforts que l'on fait dans divers laboratoires, dont le nôtre, pour

essayer de tirer au clair les mécanismes complexes qui relient entre eux ces quatre états essentiels de la matière dans les milieux océaniques : le vivant (sous toutes ses formes), l'organique particulaire non vivant, l'organique dissous, le minéral, et ceci d'autant plus qu'il semble que le vivant ne représente en général qu'environ 10 p. 100 de l'ensemble de la matière organique. L'importance de ce problème pour les recherches relatives à la production de l'océan mondial réside, là encore, dans le caractère majoritaire de la collecte par filtration à l'échelon dit secondaire. Car, bien évidemment, le filtre qui arrête une gamme donnée de particules vivantes, arrêtera aussi les agrégats situés dans la même gamme dimensionnelle. Ainsi, partant du postulat que ces particules organiques non vivantes sont utilisables par les filtreurs et sont ainsi interprétables comme une véritable production « paraprimaire », a-t-on fait pendant des années, et fait-on encore des dosages, dans les eaux comme sur les fonds, des dosages de Carbone organique total; la Station marine d'Endoume avait même mis au point une méthode rapide et fiable pour cela (K. H. SZEKIELDA). En fait, j'estime que ces dosages de C total n'ont pratiquement aucun sens puisqu'ils confondent le vivant et le mort, à moins évidemment de les compléter par des dosages d'ATP qui permettent d'évaluer séparément la fraction de C correspondant au vivant. Ceci est capital car il faut bien insister sur ce point que la valeur nutritive de la matière organique morte n'est pas prouvée; les travaux de NEWELL sur l'alimentation à partir de « détritits » de divers Mollusques benthiques tendent à prouver que le taux de carbone mort présent dans les fèces serait sensiblement le même que celui du matériel ingéré ce qui amène à supposer que seuls les microorganismes vivants épiphytes des détritits seraient effectivement assimilés. Pour le domaine pélagique le mystère de l'assimilation effective du C non vivant reste intégralement posé. A la lumière de ce qui précède, on voit qu'il serait bien plus intéressant, en raison de la dégradation rapide *post mortem* des composés organiques azotés, de doser l'azote organique, ce qui donnerait une approximation beaucoup plus correcte de la fraction vivante par rapport à la matière organique totale.

En fait, il apparaît que, si l'objectif des évaluations de production est d'apprécier le montant des prélèvements que l'homme peut effectuer au niveau des échelons élevés de la pyramide (3 et 4 surtout), la mesure de la production primaire n'est qu'une étape très préliminaire et très incertaine de la connaissance, d'autant plus que la valeur de la production primaire n'est que d'une mince utilité si, mises à part toutes les causes d'erreur précédemment soulignées, on ne dispose pas de données suffisantes sur le rendement du transfert d'énergie de l'échelon 1 à l'échelon 2. Il s'agit là encore d'une difficulté majeure débouchant sur un véritable dialogue de sourds. Les expérimentateurs en volumes limités, trouvent des rendements relativement élevés (dépassant parfois 50 %) pour des consommateurs évidemment favorisés par la concentration de la nourriture et par la faible dépense énergétique que nécessite la collecte. Au contraire, les chercheurs qui essaient de déduire le rendement du transfert d'énergie d'une étude comparative des dynamiques respectives des populations de l'espèce consommatrice et de l'espèce consommée, arrivent à des chiffres bien inférieurs, souvent n'atteignant pas 10 %.

Aussi, puisque les espèces commercialisables se situent pour la plupart aux échelons 3 et 4 de la pyramide alimentaire, est-il tentant de chercher à déterminer directement la production secondaire. De telles recherches ont été faites depuis plus d'un demi siècle, c'est-à-dire depuis C. G. J. PETERSEN, sur le domaine benthique. A vrai dire les travaux récents ont davantage montré les lacunes des recherches antérieures qu'ils n'ont apporté de données vraiment utilisables sur un plan assez général. Prenons cette fois nos exemples dans le domaine benthique. Des milliers de pages publiées sur les biomasses respectives des communautés benthiques, un peu partout dans le monde, on ne peut pas tirer grand chose, sauf qu'une communauté dont la biomasse est de 10 g/m² a de sérieuses chances d'être moins productive qu'une autre dont la biomasse est de 10 kg/m². Comment d'ailleurs en serait-il autrement quand on voit que ces mesures de biomasse sont entachées d'un certain nombre d'erreurs parmi lesquelles les plus graves sont les suivantes : — mode de prélève-

ment discutable, quand on sait que les collecteurs mécaniques considérés comme les plus fiables donnent des résultats 5-6 fois inférieurs en poids collecté et 20 à 25 fois plus irréguliers que les collecteurs à succion mis au point par la Station marine d'Endoume (J. P. REYS; EMIG et LIENHART); — tendance générale à utiliser le poids frais, relativement simple à établir, alors que le poids sec après décalcification seul a des chances de correspondre à une « approche » de la quantité de matière nutritive que représente un individu ou une population pour l'échelon suivant; — confusion dans une même donnée globale des données partielles correspondant à des espèces dont la position dans le réseau trophique, le cycle vital, la succession des générations dans un temps donné, etc., sont très différents. De plus, une mesure de biomasse ne représente qu'un instantané; seules des mesures régulières montrant les fluctuations des populations de chaque espèce, peuvent, par comparaison, déboucher sur une « approche » de la production. Encore faut-il que la communauté s'y prête, c'est-à-dire que son indice de diversité ne soit pas trop élevé ce qui, malheureusement, est justement le cas, aussi bien d'ailleurs pour le pélagos que pour le benthos, des communautés méditerranéennes et, bien sûr, des communautés des mers tropicales. Si l'on veut que les études de production secondaire puissent avoir quelque utilité, il faut alors, par une connaissance suffisante du régime alimentaire du poisson dont l'exploitation est envisagée, déterminer quelles sont les espèces de la communauté sur lesquelles il faut faire porter l'effort de détermination de la production; on aboutit ainsi à des chiffres tels que $7 \text{ g/m}^2/\text{an}$ poids sec pour les Polychètes annuelles de la biocoenose des sables fins bien calibrés du Golfe de Marseille, et jusqu'à $300 \text{ g/m}^2/\text{an}$ en poids sec pour certaines communautés homogènes au point de vue de l'échelon trophique, des fonds sableux de l'étang de Berre (H. MASSÉ). De tels chiffres (même le premier) sont en complet désaccord avec le rendement en poisson de l'échelon tertiaire des mêmes fonds. Certes, THORSON a déjà insisté sur le fait que, dans le domaine benthique, les poissons de l'échelon tertiaire sont concurrencés par de nombreux invertébrés non commercialisables, à métabolisme beaucoup plus intense et

à cycle 3 ou 4 fois plus bref, qui détournent de la chaîne alimentaire aboutissant aux espèces exploitées, au moins les 4/5 de la production secondaire. Encore ces « fuites latérales » n'expliquent-elles pas tout. Il faut aussi tenir compte du déséquilibre qui frappe certains écosystèmes. Ainsi, J. PICARD a-t-il montré que les fonds sableux du plateau continental de la Méditerranée française recèlent en abondance les proies qui sont la nourriture de prédilection, en Manche et en Mer du Nord, des poissons plats; la rareté relative de ces derniers sur les côtes méditerranéennes proviendrait de la pauvreté relative et d'une malheureuse distribution dans le temps de certains Crustacés mangeurs de détritus végétaux (Amphipodes notamment) qui n'apparaissent guère en Méditerranée qu'au moment de la décomposition des feuilles de Posidonies tombées à l'automne, alors que dans les mers bordant l'Europe du nord-ouest, l'importance des peuplements algues littorales assure un ravitaillement beaucoup plus important et plus constamment distribué par les courants de marée; ainsi la pauvreté en poissons plats des côtes de la Méditerranée serait-elle due au fait que, si les adultes ont à leur disposition une nourriture relativement abondante, les ressources alimentaires nécessaires aux jeunes individus sont quantitativement insuffisantes et abondantes seulement à une époque de l'année où ces jeunes ne peuvent en profiter.

Un autre cas, plus frappant encore, de ce déséquilibre de certains écosystèmes est celui découvert dans les récifs de Coraux étudiés en particulier dans la région de Tuléar, sur la côte sud-ouest de Madagascar, où la Station marine d'Endoume entretient depuis 1961, conjointement avec l'Université de Tananarive, un petit laboratoire. Alors que la production primaire des récifs est extraordinairement élevée de $1 \text{ à } 2 \text{ g/C/m}^2/\text{jour}$ pour les seules Cyanophycées épilithes, d'après certaines évaluations, sans compter celle imputable aux zooxanthelles des Coraux hermatypiques et qui sont susceptibles d'être éliminées par ceux-ci), les poissons, s'ils se font souvent remarquer par leurs couleurs éclatantes et leurs formes extraordinaires ne représentent qu'une production infime à l'échelon tertiaire; beaucoup de ces poissons d'ailleurs appartiennent à l'échelon secondaire, soit

qu'ils consomment des Cyanophycées, soit qu'ils se nourrissent des Coraux hermatypiques au sein desquels la matière vivante végétale représentée par les zooxanthelles est sans doute majoritaire. Cette dysharmonie stupéfiante entre l'échelon primaire et l'échelon tertiaire vient de ce que la production de petits invertébrés qui pourrait servir de nourriture à des poissons carnivores est littéralement bloquée dans un réseau d'alvéoles de taille moyenne (0,5 à 5 cm); ces petits invertébrés ne se dégagent pratiquement pas de cette « maille récifale » sauf par l'effet de la surpopulation et la production secondaire qu'ils représentent est donc en très grande partie perdue pour l'échelon supérieur de la pyramide trophique.

Dans le domaine pélagique, l'évaluation de la production à l'échelon secondaire n'est pas moins incertaine. Les expériences *in vitro* ne donnent, pour les raisons exposées plus haut, que des résultats très contestables. Les tentatives fondées sur une extrapolation de la méthode au 14_c, en faisant ingérer à des Copépodes des algues marquées, ne sont pas plus fiables en raison des incertitudes concernant l'élimination rapide dans le milieu d'une partie des molécules marquées. L'étude de la dynamique comparée de la population phytoplanctonique et des consommateurs de celle-ci, outre qu'elle est très difficile à conduire n'est pas sans reproches, du fait, par exemple, que la récession d'une population phytoplanctonique ne signifie pas forcément que la part de celle-ci qui a disparu entre deux prélèvements ait été effectivement utilisée par les « brouteurs » et ait été réellement convertie par ceux-ci en énergie potentielle

de l'échelon secondaire. En effet, il faut tenir compte de nombreuses causes d'erreur parmi lesquelles : — hypercollecte (superfluous feeding) par les animaux filtreurs; — sénescence naturelle de la population; — chute d'une fraction de la population au-delà de la profondeur de compensation où elle périclité, en même temps d'ailleurs qu'elle se trouve échapper en grande partie aux utilisateurs.

En définitive et si l'on se place du point de vue de l'exploitation des échelons 3 et 4 de la pyramide alimentaire on est obligé de reconnaître que les causes d'erreurs sont si importantes et si nombreuses que l'évaluation de la fertilité d'un écosystème à l'échelon primaire, évaluation qui est la moins difficile à obtenir, n'a qu'une valeur bien hypothétique sur le plan des ressources de la pêche.

Alors dira-t-on, autant étudier directement la dynamique des populations des espèces exploitables pour tenter d'évaluer la production des stocks. C'est bien ce que l'on fait, ou essayé de faire. Mais quand on constate ce qu'il en est advenu et le degré de surexploitation auquel on est parvenu pour le Hareng, le Merlu, la Sole, sans parler des grands Cétacés Mysticètes de l'océan austral (dont on estime aujourd'hui qu'il faudra un demi siècle pour reconstituer un stock susceptible de supporter une exploitation rentable telle qu'elle s'effectuait il y a quelques années à peine), on ne peut que reconnaître que nous sommes encore loin, très loin, d'avoir atteint un niveau de connaissances tel qu'il permette une exploitation rationnelle des ressources de l'océan mondial en matière vivante.

Analyses Nouvelles

Pour aider efficacement le Secrétaire général soumettez-lui des projets d'analyses d'ouvrage ou d'information. Il vous répondra par retour du courrier pour vous dire si un autre collègue s'en est déjà chargé.

UN CENTRE D'OcéANOGRAPHIE MÉDICALE LE C.E.R.B.O.M.

par M. AUBERT

Maître de recherches de l'I.N.S.E.R.M.

L'accolement de ces deux vocables : Médecine et Océanographie est apparu il y a une quinzaine d'années. Il désirait correspondre à une prise de conscience récente de la spécialisation et du regroupement des études traitant d'une océanographie orientée essentiellement vers les applications humaines.

Sur le plan National, ce besoin s'est concrétisé par la création du Centre d'étude et de recherches de biologie et d'Océanographie Médicale, le C.E.R.B.O.M., groupe de recherches de l'Institut National de la Santé et de la recherche Médicale, dépendant du Ministère de la Santé Publique. Depuis quelques années, la commission de l'environnement de l'I.N.S.E.R.M. a attiré l'attention sur l'intérêt de telles recherches, en apportant un soutien en matériel et en personnel non négligeable à cet ordre de travail scientifique.

Sur le plan International, cette prise de conscience a été non moins vive, puisque, lors de la fondation de la « Méditerranéan Association for Marine Biology and Oceanography » (M.A.M.B.O.), dès la réunion initiale de ses Membres en 1964, un groupe de Travail d'Océanographie Médicale a été créé, qui a organisé de nombreux cours d'enseignement ou colloques scientifiques grâce à l'appui de l'U.N.E.S.C.O.

De même, dans le rapport préliminaire à la réunion de la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'U.N.E.S.C.O., rapport intitulé « Projet d'un cadre scientifique général pour l'étude de l'Océan Mondial » (1965), nous avons noté l'existence d'un

chapitre entier consacré aux rapports de l'Océanographie et de la Santé Publique.

D'ailleurs, il y a cinq ans, la « Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée » (C.I.E.S.M.M.) a consacré deux symposia, l'un à Monaco, l'autre à Nice, pour l'étude de la pollution des Mers, où ont été largement débattues les incidences que ces pollutions pouvaient avoir sur la Santé Publique.

D'autre part, depuis quatre ans a été créé aux Etats-Unis un Centre de Recherches dépendant du Public Health Service situé à Narragansett (Rhode Island) avec deux laboratoires annexes situés l'un sur le Golfe du Mexique, l'autre sur la Côte du Pacifique.

Enfin, sous l'impulsion du Pr. Halstead, un important Centre d'Océanographie Bio-Médicale est sur le point d'être créé à Colton (Californie). Son programme d'étude pour lequel nous avons été consultés, relève des mêmes pôles d'intérêt que nous avons définis dès la création de notre Institut et que nous allons maintenant préciser.

Cet ordre de recherche comprend deux principaux pôles d'intérêt : un pôle positif qui groupe les études centrées sur les aspects nutritionnels, médicamenteux et thérapeutiques en rapport avec le milieu marin; et un deuxième pôle d'ordre négatif qui fait le bilan soit de l'intervention — quelquefois néfaste — de l'homme vis-à-vis de la mer, c'est-à-dire d'étude de l'hygiène marine sous l'angle des pollutions chimiques, bactériologiques et radioactives, soit de l'agression des êtres marins vis-à-vis de l'homme par l'examen

des actions physiopathologiques, toxiques ou allergologiques qui peuvent en être à l'origine.

Cette orientation particulière de la Biologie marine a acquis son autonomie du fait qu'elle a dégagé un programme de recherches spécifiques, ainsi que des méthodes d'études particulières.

Si l'on examine plus en détail l'orientation des recherches en Océanographie Médicale, nous pouvons déterminer les principaux chapitres composant cette science.

Nous décrirons d'abord les éléments du milieu marin originellement ou artificiellement hostiles à l'homme. Ces études comprendront d'abord les phénomènes d'ordre allergique ou toxique dus aux êtres marins. Elles feront le tour des anaphylaxies, des toxémies, recherchant les espèces qui en sont responsables, que ce soient des formes planctoniques, des mollusques ou des poissons.

Puis, il y aura lieu d'étudier les pollutions marines secondairement apportées par l'homme à ce milieu naturel et l'étude de ces pollutions permettra de déterminer l'orientation de l'hygiène de la mer.

Ainsi que nous l'avons indiqué, trois ordres de pollution retiendront notre attention :

— D'abord les pollutions d'ordre chimique dues soit aux rejets toxiques de l'industrie, soit aux détergents, soit aux rejets d'hydrocarbures, faisant le bilan de ces sources de pollution et leurs dangers, recherchant les moyens d'attaque permettant de promouvoir des mesures de défense contre leur extension.

— ensuite, les pollutions dues à la radioactivité étudiées en liaison avec les Services spécialisés des Centres nucléaires. Il y aura lieu d'envisager les produits rejetés dans le milieu marin et leur mode d'injection, l'évolution des produits de fission, leur répartition et leurs possibilités de concentration par les êtres marins qui les métabolisent.

— enfin, en troisième lieu, les pollutions d'ordre bactériologique : ce sont actuellement celles sur lesquelles l'attention générale est la plus attirée. Il y aura lieu d'évaluer l'action de ces agents polluants, d'en préciser le danger pour la santé publique, d'examiner les modifications qu'ils apportent à la faune et

à la flore marines en fonction des lois de diffusion et de sédimentation — et finalement de disparition — confrontant les lois de la dispersion bactérienne et les lois de l'action auto-épuratrice de la mer, de manière à apprécier l'importance des travaux à effectuer pour que les rejets des villes littorales ne contreviennent pas aux règles de la Santé Publique.

Dans une deuxième démarche faite simultanément, nous rechercherons les éléments du milieu marin utilisables par l'homme. Ces études sont également multiples : recherches des apports nutritionnels dus aux êtres marins (algues, poissons, mollusques, etc.) expérimentant sur les composants nécessaires à entretenir la vie et sur ceux qui, au contraire, s'avèrent inutiles ou nuisibles. L'effort fait par certains pays comme le Japon, sur les recherches d'ordre fondamental orientées vers l'utilisation nutritionnelle d'éléments d'origine marine ouvre une voie qui débouche vers une planification de la nutrition mondiale, tenant compte des impératifs géographiques et des vocations des populations côtières.

Mais, poursuivant cette quête biochimique, il y aura lieu de renouer avec les recherches sur les corps rares à vocation médicinale et thérapeutique issus du milieu marin. La richesse, la diversité des espèces qui y vivent, permettent d'espérer la mise au point de produits médicamenteux nouveaux et efficaces, venant compléter l'éventail des produits issus de la flore et de la faune terrestres.

Enfin, pour mémoire, nous citerons le thermalisme marin qui, ces dernières années, a pris un essor considérable — surtout dans les pays germaniques, baltes et ceux riverains de la Mer Noire — utilisant à des fins thérapeutiques l'eau de mer, les boues marines, les algues et complétant ces actions par celles de l'environnement bio-météorologique.

Certes, ainsi que nous venons de le voir le domaine de l'Océanographie Médicale est vaste. Le C.E.R.B.O.M. dès sa création s'est trouvé dans l'obligation de choisir un programme plus modeste susceptible d'être réalisé par une trentaine de chercheurs, ingénieurs, et techniciens.

Les thèmes principaux des études de ce centre se sont limités d'abord à des recherches d'application

pratique sur la pollution bactérienne et chimique du milieu marin avec des ouvertures sur les mécanismes qui peuvent apparaître à l'examen de ces questions si importantes à la fois pour l'écologie marine et pour ses applications à la Santé Publique. Dans ce cadre, les principales publications du C.E.R.B.O.M. ont été :

— L'Inventaire National de la Pollution Bactérienne des zones marines situées tout au long des rivages français.

— L'Inventaire des Pollutions chimiques dues aux rejets industriels.

— et de nombreuses Missions d'études concernant la prophylaxie de ces états d'infection des eaux côtières.

Sur le plan de la recherche fondamentale, les études du C.E.R.B.O.M. ont portées principalement, sur les mécanismes de dispersion en mer des agents polluants bactériens ou chimiques, sur les phénomènes d'auto-épuration des eaux de mer (phénomène d'antibiose d'origine planctonique ou microbiologique, Biodégradation de substances chimiques) sur la toxicité vis-à-vis de la biomasse marine de produits chimiques spécifiques, et sur les mécanismes de concentration et de transmission de ces effets toxicologiques aux échelons supérieurs de la chaîne biologique océanique.

Pour réaliser cet ensemble de recherches, il a été nécessaire d'avoir à notre disposition un centre fonctionnellement adapté à ce travail.

Le C.E.R.B.O.M. a été doté, il y a maintenant six ans, d'un bâtiment contenant trois niveaux de laboratoires où l'on trouve successivement :

— Un service de chimie des eaux de mer comprenant plusieurs laboratoires munis d'appareillages de mesures nécessaires (spectrophotomètre, photomètre de flamme, résistivimètre, etc.).

— Un service de planctologie avec salle de triage et de microscopie, salle de culture isotherme et rythmiquement éclairée, salle de physiologie expérimentale, salle de biochimie des extraits cellulaires.

— Un service de microbiologie marine avec laboratoire d'examen des bactéries, salles de culture, possédant le matériel de préparation de comptage et de détermination.

— Un service d'exploitation des résultats biologiques avec salle de mathématiques, salle de cartographie, salle de préparation des documents et synthèse et bibliothèque.

Le centre dispose également de deux petits navires océanographiques permettant de faire des prélèvements et des mesures en mer.

En résumé, nous estimons souhaitable que cette science se développe et que d'autres centres Océanologiques orientés vers les mêmes préoccupations biomédicales soient créés. La France sera alors dotée d'un équipement en océanographie médicale qui ne laisse dans l'ombre aucun des thèmes, si utiles pour l'homme, qui ont pu être définis dans cet ordre de recherches.

Les comptes rendus du Conseil de l'Assemblée générale du 31 janvier 1970 paraîtront dans le prochain fascicule.

Pour le moment rappelons seulement que le solde créancier s'élève au 31 décembre 1969 à 10 908,16 F. Les dépenses prévues pour 1970 s'élèvent à 24 197,70 F.

Il est urgent de payer vos cotisations 1970.

PROBLÈME D'ACTUALITÉ LA POLLUTION DES MERS

par M. AUBERT

C.E.R.B.O.M., Nice

Depuis un siècle et surtout depuis cette dernière décennie, l'augmentation du potentiel industriel et la croissance démographique entraînent de très larges modifications du milieu aquatique. Ces modifications ne sont pas sans porter parfois une atteinte grave à l'environnement.

Les rivages de la mer n'ont pas échappé aux conséquences de la civilisation et aussi les pollutions dues à la proximité de la présence et de l'activité humaine par rapport au milieu marin représentent un danger dont on peut, dans l'état actuel de la Science, difficilement apprécier l'ampleur et les conséquences lointaines.

Les Pollutions de ce milieu bien spécifique peuvent être classées en quatre types :

- pollutions microbiennes (bactéries et virus);
- pollutions chimiques;
- pollutions radioactives;
- pollutions thermiques.

Un certain nombre de données sont déjà connues; d'autres restent à découvrir. Nous allons, en étudiant séparément ces quatre types de modifications apportées au milieu, nous efforcer de déterminer très globalement les effets et les mécanismes déjà recensés ou démontrés et tâcher de mettre en lumière les questions qui restent posées et les inconnues à résoudre :

A) En ce qui concerne les pollutions bactériennes :

Leur origine est bien connue : Il s'agit des eaux résiduaires des villes. On connaît leurs contenus bacté-

riens et la capacité pathogène des éléments qui les composent.

Quelle est l'extension de ces eaux résiduaires et de leurs charges pathogènes ?

Des travaux sont en cours dans les principaux laboratoires de microbiologie des eaux dans le monde pour connaître l'état actuel de cette extension géographique. En France, l'inventaire national réalisé par le C.E.R.B.O.M. fait le bilan sanitaire des côtes françaises.

Les conséquences directes sur le milieu marin de cette forme de pollution sont connues pour certaines parties, moins bien connues pour d'autres. On connaît leur action vis-à-vis de la répartition des végétaux marins supérieurs, on la connaît également vis-à-vis des végétaux inférieurs (phytoplancton) où elle entraîne la prolifération de certaines espèces favorables à la productivité marine mais, par ailleurs, elle entraîne également la prolifération de certains protozoaires qui déséquilibrent la répartition inter-espèces.

Il est important de définir les éléments et l'extension de cette dispersion bactérienne vis-à-vis de ces sources. C'est ainsi que l'on a pu définir les lois de la diffusion bactérienne en fonction des lois de la dynamique des fluides. On connaît l'existence d'une limitation de cette extension purement mécanique, du fait de la présence de facteurs biologiques, c'est-à-dire la manifestation d'un pouvoir autoépuration spontané des eaux de mer dû localement à certains prédateurs, et, d'une manière plus générale, aux

substances antibactériennes existant dans les eaux et provenant des êtres marins eux-mêmes et particulièrement du phytoplancton.

Les capacités pathogènes des micro-organismes survivants sont bien connues mais les voies de cheminement jusqu'à l'homme sont, par contre, souvent moins évidentes surtout en ce qui concerne les virus dont l'étude de la dispersion et de la survie en mer n'en est qu'à ses débuts. Si l'absorption directe de l'eau et des coquillages pollués entraîne de classiques infections bactériennes ou virales, certaines voies doivent être étudiées, en particulier la dispersion des pollutions microbiennes par aérosols marins provenant de zones largement contaminées.

Les correctifs à y apporter sont à notre portée; pour la grande majorité des cas, on connaît des moyens de lutte : rejet des eaux résiduaires dans des zones marines de large dispersion, éloignement systématique de ces zones obligatoires de pollution des régions marines utilisables par l'homme (parcs à coquillages, zones balnéaires, sites touristiques), épuration complète lorsque ces conditions ne sont pas possibles. La limite, intervenant dans l'usage systématique de ces précautions élémentaires, est constituée par le prix de revient souvent important des installations nécessaires influant sur l'équilibre économique régional.

B) *En ce qui concerne les pollutions chimiques :*

Ce type de pollution est beaucoup plus méconnu tant dans son extension que dans ses capacités pathogènes et ce sont plutôt des questions restées sans réponse que nous énoncerons sur ce sujet :

Quelle est leur extension ?

D'après ce qu'il est connu par l'étude d'une masse non négligeable de travaux, elle est extrêmement variable selon les produits chimiques rejetés. Leur dynamique suit plus généralement les lois de la diffusion turbulente des fluides, mais ce qui rend difficile le calcul prévisionnel des taux selon ces principes de la diffusion, c'est la capacité de concentration par les êtres marins dont l'accident survenu à Minemata constitue un exemple frappant. Il y a

concentrations successives à chaque passage dans les mailons successifs de la chaîne biologique marine qui aboutit à l'homme. Mais par ailleurs, ces produits chimiques rejetés en mer sont soumis à une biodégradabilité qui va les modifier, que ce soit dû aux combinaisons chimiques de ces substances avec celles qui sont contenues spontanément dans l'eau de mer, que ce soit dû à l'action oxydante des bactéries marines faisant le même travail de transformation chimique que les bactéries du sol vis-à-vis des substances organiques. Les remarquables travaux de Zo Bell sur la dégradation des hydrocarbures par les bactéries marines nous permettent de connaître l'évolution de ces substances largement rejetées dans le milieu marin. Les travaux récents du C.E.R.B.O.M. sur l'influence des rejets chimiques vis-à-vis de la biomasse primaire et des autres échelons de la chaîne biologique s'efforcent de déterminer l'importance de l'action toxique des dérivés de l'industrie, des hydrocarbures, des détergents, des pesticides rejetés directement par certains effluents en mer. Cette voie de recherche est largement ouverte, mais elle n'est encore qu'à son début et les toxicologues pourront apporter une large contribution à l'étude des effets et des dangers encourus de ce fait.

Si l'on considère l'ensemble de ces produits, certains sont, d'une manière évidente, doués de toxicité vis-à-vis de la chaîne biologique marine, d'autres sont, au contraire, d'une toxicité faible ou relative, certains même, après avoir subi les métabolismes bactériens du milieu marin, peuvent devenir des produits augmentant la prolifération de la biomasse marine. Les conséquences qu'ils impliquent n'iront d'ailleurs qu'en s'amplifiant, étant donné l'extension industrielle et il est regrettable qu'elles soient, pour la plupart, strictement inconnues et difficiles d'accès, d'autant plus que certains effluents rejettent simultanément des mélanges de produits toxiques divers dont les combinaisons chimiques peuvent avoir des réactions biologiques imprévisibles. Les simples dosages de ces produits dans les eaux à des distances variées des effluents et en fonction de leurs dérivés après leur sortie en mer ne peuvent y répondre complètement et il y a lieu d'y adjoindre l'étude systématique de leurs effets biologiques.

Les leçons immédiates qui doivent se dégager de ce danger certain dans son existence, mais encore méconnu dans ses mécanismes, font que des mesures à prendre s'imposent avec une certaine urgence. Indépendamment d'un inventaire national de ces sources de pollution, il y a lieu d'envisager très rapidement l'épuration complète par des procédés physico-chimiques des eaux résiduaires industrielles avant rejet. Sa mise en application est d'autant plus facile qu'elle a été prévue par les lois sur l'Eau de 1964, mais il ne faut pas se dissimuler que dans ce cas également, il s'agit de lourds investissements et l'industrie, dans le cadre de la compétition économique, n'est pas toujours disposée à satisfaire aux mesures sanitaires qui s'imposent d'une manière formelle du point de vue de l'Hygiène et de la Santé Publique.

C) En ce qui concerne les pollutions radioactives :

Nous limiterons les données de cet exposé car c'est un sujet dont l'étude, dans la majeure partie des pays du monde, est réservée à des spécialistes qualifiés. Beaucoup de considérations erronées ont été dites dont l'origine passionnelle a considérablement nui à la clarté des exposés sur ce sujet; d'autant que, comme pour les pollutions chimiques, la difficulté d'approche en est certaine. Les phénomènes de diffusion et de concentration des produits radioactifs ajoutent également à cette analogie, ainsi que le fait que les produits radioactifs ont une durée de vie plus ou moins longue et que leur action finit par s'éteindre, mais pour certains d'entre eux, si tardivement, que l'on ne peut pratiquement pas tenir compte de ces phénomènes de décroissance dans l'étude prévisionnelle de leurs effets.

La masse considérable des travaux effectués sur ce sujet commence à faire apparaître des certitudes vis-à-vis des effets produits, vis-à-vis de la chaîne biologique marine et vis-à-vis de son échelon supérieur de consommation. La surveillance systématique des rejets provenant de l'industrie nucléaire, la valeur des équipes scientifiques qui en ont la charge, le caractère dramatique qui s'attache à cette sorte de pollution, font que, en temps de paix, le danger qui

en découle n'a rien d'immédiat ni d'alarmant. Par contre les pollutions accidentelles qui pourraient survenir à la suite de naufrages de navires à propulsion nucléaire sont encore imprévisibles et l'accident survenu au « Trescher » ne semble pas avoir apporté des données suffisantes pour que l'on évalue de manière significative le danger encouru.

La dynamique des retombées d'explosions militaires pose évidemment d'autres problèmes. Mais ce ne sont pas ceux que nous avons à résoudre ici.

Nous n'insisterons pas non plus sur les conséquences directes de ces pollutions vis-à-vis de la Biologie. Elles ont été largement décrites soit par des travaux expérimentaux, soit à la suite de contaminations massives des populations. La surveillance constante du taux de radioactivité des produits de la pêche s'est avérée nécessaire dans certains pays où les sources d'alimentation sont, pour la plus grande part, d'origine marine. Si de telles mesures sont encore inutiles sur notre territoire, elles peuvent s'avérer par la suite nécessaires, soit en cas d'extension de l'industrie nucléaire, soit à la suite d'occasions accidentelles.

Si ces mesures sanitaires sont, d'emblée, importantes du point de vue de l'hygiéniste, elles ne dispensent pas d'augmenter l'importance des études fondamentales qui permettront de déterminer les lois qui président à la dispersion et au métabolisme des substances radioactives après leur rejet en mer.

D) En ce qui concerne les pollutions thermiques :

Cette forme de pollution est relativement récente. L'ampleur qu'elle a pu prendre dans certains pays gros consommateurs d'énergie, fait que ses conséquences méritent d'être étudiées. Son origine est le rejet dans des zones aquatiques : rivières, estuaires, golfes marins, des eaux chaudes issues des centrales thermiques. Le degré d'élévation de température est souvent important. Il se traduit par des modifications écologiques qui ne sont pas sans importance vis-à-vis de la faune et de la flore marines. Un déséquilibre inter-espèces s'installe, créant un trouble de la productivité de la mer et ayant ainsi pour l'homme des conséquences non négligeables sur son alimentation.

L'alternance irrégulière de certains de ces rejets entraîne des fluctuations dans ce bouleversement écologique et les destructions successives finissent par créer une fuite permanente dans l'équilibre de la productivité des zones atteintes. La mort d'une importante biomasse modifie la composition chimique des eaux et le supplément de matières organiques que ces destructions massives impliquent ne sont pas non plus sans contrevenir aux lois de l'hygiène.

Si, en France, dans l'état actuel, cette forme de pollution a une ampleur encore faible, certains fjords ou certaines baies américaines ont été largement modifiées et des études nombreuses sont actuellement effectuées à l'étranger pour déterminer l'importance des conséquences impliquées.

Ainsi depuis quelques années, une prise de conscience très nette de la pathologie de l'environnement s'est fait jour. Etant donné l'importance du cycle de l'eau dans la vie humaine, apparaît d'emblée comme particulièrement importante la connaissance des lois

qui régissent les phénomènes pathogènes issus des modifications de l'environnement marin en fonction de l'influence des apports de la civilisation. Si l'on a pris conscience de la nécessité pour la Recherche, de se pencher sur les problèmes ainsi posés, on est obligé de convenir que d'importants travaux restent à faire pour les cerner d'une manière efficace.

Dans l'état actuel de la connaissance, il semble que cette recherche pourra revêtir le schéma global suivant :

a) la démarche immédiatement nécessaire est la réalisation d'inventaires nationaux de l'état des lieux et des sources de pollution, et de peser les conséquences qu'elles entraînent directement ou indirectement pour l'aspect humain.

b) la deuxième démarche est l'étude des mécanismes qui apportent ces modifications.

c) enfin, la troisième démarche est l'étude des possibilités correctives et des mesures à prendre pour ramener le milieu dans son intégrité naturelle ou, tout au moins, en limiter les atteintes significatives.

Les cotisations 1970 doivent être payées aussi vite que possible. Les frais de 1969, alors que la société était en gestation, ne sauraient atteindre les frais de fabrication des premiers bulletins.

D'autre part, les frais de gestion sont plus importants au départ que lorsque l'entreprise est sur orbite.

QUELQUES PROBLÈMES TECHNIQUES RELATIFS AUX PETITES STATIONS PORTATIVES OU D'ENREGISTREMENT EN SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE

par Francis BENARD

Laboratoire Maritime de Luc-sur-Mer

Dans le cadre général de nos recherches sur les grandeurs physico-chimiques du milieu marin intertidal (1965-1967), nous avons été amené à définir les caractéristiques d'ensemble de stations pouvant travailler dans la zone de balancement des marées et d'utilisation facile par des biologistes (écotrons).

Des essais pratiques sur le terrain de prototypes portatifs ou fixes ont mis en évidence un certain nombre de défauts auxquels nous nous sommes efforcés de remédier. Ces améliorations portent essentiellement sur la réduction des dimensions générales, la miniaturisation des ensembles électroniques, une adaptation des capteurs aux conditions mécaniques très dures régnant dans la zone intertidale.

LA STATION PORTATIVE

C'est une version de dimensions plus réduites que celle décrite précédemment (1965). L'ensemble mesure $60 \times 35 \times 15$ cm et pèse 15 kg.

Elle est entièrement autonome quant à sa consommation en énergie électrique. Les paramètres mesurables sont la température, l'éclairement, la salinité, le potentiel redox, la vitesse du courant, la pression partielle d'oxygène, le pH et le potentiel redox.

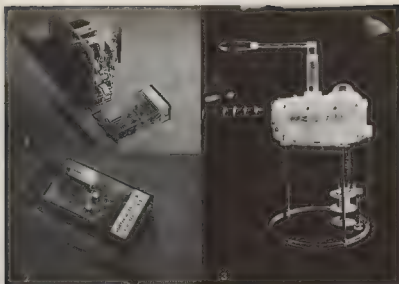
Une importante réduction du volume a été réalisée par l'adoption de modules enfichables spécialement

conçus pour travailler dans les limites de variations des milieux étudiés. La photographie A représente l'ensemble des modules à gauche et les capteurs à droite. Ceux-ci sont représentés plus en détail par la photographie A1. A titre d'exemple y figurent les deux sondes d'éclairement; une sonde de référence circulaire permettant d'évaluer l'éclairement incident total et une sonde dite « coupe-papier » dont la partie sensible triangulaire mesure $15 \times 20 \times 3$ mm. Cette dernière permet la mesure *in situ* dans les anfractuosités, le thalle des algues, les faces inférieures des galets, etc.

Sur le terrain l'ensemble reste manipulable par une personne seule. L'exploitation relativement simple par beau temps devient plus délicate en cas de pluie ou d'embruns en raison de l'usage d'un couvercle de protection.

LA STATION AUTOMATIQUE

La mise en œuvre de l'écotron automatique d'enregistrement décrit en 1967 nous a obligé à repenser une grande partie de sa conception. Nous avons très sous-estimé les forces mécaniques développées sur l'infrastructure de la station au moment de l'immersion et de l'émergence. Pour nos calculs nous avons fixés à $2,5 \text{ kg/m}^3$ la masse volumique optimale de l'ensemble. En immersion la valeur relative tombant



PHOTOGRAPHIE A

La station portable : 1. - L'ensemble de mesure à gauche (adaptateurs et galvanomètres de mesure), les capteurs à droite ; 2. - Détail des capteurs, du haut et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre : sonde conductimétrique, sonde platine, électrodes combinées pour pH, perméance, « coupe-papier », sonde d'éclairement de référence, électrode de Clark, moulinet courantométrique.

à 1,5 kg/m³ nous pensions être dans des conditions comparables à celles des galets et des blocs trouvés dans la région (calcaire compactes de masse volumique moyenne de 2,5 kg/m³). L'étude préalable menait donc à prévoir un ensemble pesant environ 130 kg. Le prototype réalisé sur ces bases s'est révélé beaucoup trop léger et flottait véritablement dès que le déferlement atteignait 70 à 80 cm de creux. Un lest de 40 kg fixé aux pieds n'améliora pas significativement la stabilité.

Pour pallier cette difficulté nous avons été obligés de reprendre chaque module et de le miniaturiser. La photographie B a donné un exemple pratique de la diminution de taille du module pH-métrique : le gain en volume est d'environ 8 pour un rapport de poids de 1 à 5. Ceci est rendu possible par l'utilisation systématique de composants miniaturisés et de circuits imprimés (photographie B2).

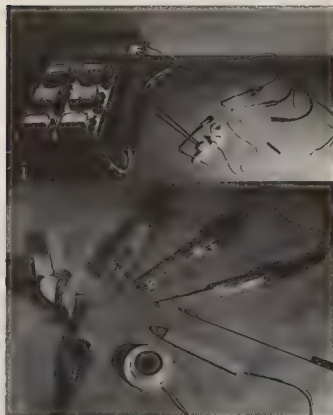
Enfin l'affichage n'étant plus nécessaire puisque le signal de sortie part directement vers les potentiomètres enregistreurs le galvanomètre peut être supprimé.

Le même problème mécanique nous a obligé à redessiner la tête de mesure pour éviter que les capteurs ne soient brisés ou entraver dans leur fonctionnement par les algues de la laisse de mer. La photographie B3 représente un nouvel ensemble en expérimentation.

CONCLUSION. — Bien que beaucoup plus simple que les stations de surveillance océanographique travaillant « off shore », l'instrumentation que nous désirons rendre fonctionnelle demande la mise au point de solutions technologiques essentiellement mécaniques étant données les très dures conditions de travail dans la zone intertidale.

BIBLIOGRAPHIE

- BÉNAUD F., 1965. — Essai de mesure des facteurs écologiques dans la zone des marées (thèse de doctorat non publiée).
 BÉNAUD F., 1967. — Réalisation d'une station automatique d'enregistrement des facteurs physico-chimiques dans la zone des marées. *Helgolander Wiss. Meeresunters.*, 15, 353-360.



PHOTOGRAPHIE B

Eléments de la station d'enregistrement: 1. - Les deux versions de réalisation des modules; à gauche, ancien adaptateur à affichage sur galvanomètre; à droite, module miniaturisé représenté en détail en 2; 3. - La tête de mesure avec à la partie supérieure la girouette et le dôme protégeant les capteurs d'éclairement, à la partie inférieure les colonnettes et l'anneau de protection entourent différents capteurs dont un moulinet de Savonius.

INFLUENCE DES PESTICIDES SUR LA PLANTE : CONSÉQUENCES ÉCOLOGIQUES

par Francis CHABOUSSOU

Directeur de la Station de Zoologie agricole de Bordeaux (INRA)

I. TRAITEMENTS PESTICIDES ET DÉSÉQUILIBRES BIOLOGIQUES.

Par « déséquilibres biologiques », on entend généralement les pullulations anormales d'Acaréens ou d'Insectes consécutives aux traitements phytosanitaires. Avec les phénomènes de *résistance* proprement dits des Arthropodes vis-à-vis des insecticides, ce type de répercussion constitue les incidences les plus connues entraînées par les pesticides.

Toutefois, de tels déséquilibres peuvent également intervenir dans le règne végétal. Certains fongicides organiques utilisés contre une première maladie, peuvent déclencher en effet, le développement d'une seconde. Ainsi, avons-nous pu montrer, au cours de deux années consécutives d'expérimentation sur Vigne, que les traitements contre le Mildiou (*Plasmopara viticola*) entraînaient, par rapport aux ceps traités à l'eau pure, des majorations significatives des attaques d'Oïdium (*Uncinula necator*) (CHABOUSSOU, 1967, CHABOUSSOU et al., 1968) (fig. 1).

Dans le même ordre de faits, COX et HAYSLIP (1956) ont également expérimentalement démontré l'augmentation des infections de la Pourriture grise (*Botrytis cinerea*) sur Tomate, à la suite de l'utilisation des mêmes dithiocarbamates : manèbe et zinèbe contre *Phytophthora*.

Jusqu'à l'heure actuelle, les déséquilibres biologiques constatés dans le règne animal étaient expliqués par la destruction des ennemis naturels des phyto-

phages, autrement dit : par la rupture d'un frein. Or, nous avons déjà souligné à plusieurs reprises, les faiblesses de cette théorie comme seule explication de l'augmentation des populations des animaux phytophages (CHABOUSSOU, 1965, 1966 a et b, 1967, 1969). Par exemple, certains pesticides comme le D.D.T. ou les sels de cuivre, inoffensifs vis-à-vis des Typhlodromes, principaux prédateurs des Acariens, entraînent cependant des pullulations de Tétranyques.

De même, cette hypothèse n'expliquait nullement comment la désinfection du sol au moyen de certains insecticides pouvait provoquer des multiplications d'Acaréens sur les plantes qui y croissaient par la suite (KLOSTERMEYER et RASMUSSEN, 1953).

Enfin, la destruction des ennemis naturels ne saurait être invoquée comme explication de la recrudescence des maladies parasitaires telles que l'Oïdium ou le Botrytis à la suite des traitements à base de zinèbe (1).

Or, dans le développement des maladies comme dans celui des insectes, deux autres hypothèses peuvent être émises. Ou bien il s'agit d'une *action directe* du produit ou de ses métabolites (par contact ou pénétration dans l'organisme, ou même par ingestion), ou bien on a affaire à une *action indirecte*, résultant d'un effet d'ordre nutritionnel entraîné par la modification biochimique de la plante sous l'action du pesticide.

(1) POLJAKOV (1966) signale également que le traitement des Pommes de terre au zinèbe entraîne une augmentation des maladies à virus.

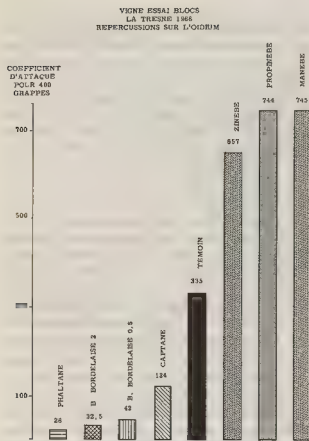


FIGURE 1

Coefficient d'attaque de l'Oidium (*Uncinula necator*) en fonction des traitements effectués contre le Mildiou de la Vigne (*Plasmopara viticola*).

A priori : l'action directe n'est nullement à rejeter. Ainsi : EYLAKHOVA (1964) aurait montré que le D.D.T. présente une action stimulante sur la croissance en culture de champignons entomophages tels que *Beauveria bassiana* et *Aspergillus niger*. Par ailleurs : SANGER (1960) note, qu'appliqués dans le sol à fortes doses : le *dieltrin*, le D.D.T. et le *toxaphène* entraînent une prolifération des Champignons du sol. Enfin, certaines colonies bactériennes peuvent se multiplier aux dépens de l'aldrin comme unique source d'énergie.

Toutefois, il nous a paru que, dans la majorité des cas, les répercussions des produits sur la Plante se trouvaient à l'origine des augmentations de fécon-

dité et de longévité des Acariens ou des Pucerons, tout comme de la recrudescence du développement de certaines maladies parasitaires. Nous pensons en donner des preuves dans les troisième et quatrième chapitres de cette étude.

Comme nous le verrons plus bas, également, cette hypothèse paraît également trouver confirmation dans le fait que, toujours par leur action sur le métabolisme de la plante, les pesticides peuvent, inversement, entraîner des régressions aussi bien dans les attaques des champignons parasites que dans la reproduction des Arthropodes phytophages.

II. RÉPERCUSSIONS DES PESTICIDES SUR LE MÉTABOLISME DE LA PLANTE.

1°) Enrichissement de la plante en un métal ou un métalloïde.

Très schématiquement, les pesticides couramment utilisés dans la lutte phytosanitaire, c'est-à-dire insecticides et fongicides, peuvent entraîner trois principaux types de répercussions.

En premier lieu, ils peuvent enrichir la plante dans le métal ou le métalloïde contenu dans la formule. Ainsi les produits cupriques élèvent-ils la teneur des tissus foliaires en *cuivre*, tandis qu'après pénétration dans la feuille, le *soufre* peut participer à l'élaboration de certaines protéines. Quant aux fongicides organiques comme les dithiocarbamates, ils apportent à la plante : soufre, fer, manganèse ou zinc, et à ce titre, ils peuvent d'ailleurs éventuellement, corriger les carences correspondantes.

Or, par l'intermédiaire de leur action sur les enzymes, ces métaux agissent donc sur le métabolisme de la plante.

D'autre part, et comme il était d'ailleurs logique de le prévoir, nous avons pu montrer que, sur Vigne, le traitement aux esters phosphoriques (parathion, diazinon, carbophénathion) enrichissait les tissus foliaires en phosphore, important élément qui retentit aussi sur les processus métaboliques.

Quant aux deux autres types de répercussions — résultant d'ailleurs partiellement de ce premier

type d'incidence — ils concernent les phénomènes d'inhibition ou de stimulation vis-à-vis de la protéogénèse. De tels processus peuvent d'ailleurs se traduire, sur le plan agronomique, soit par des régressions, soit par des augmentations de récolte.

2°) Action positive des pesticides sur la protéogénèse : accélération de la croissance.

De nombreux pesticides, notamment les produits organiques, peuvent agir par une action de type hormonal sur les principaux processus physiologiques de la plante et notamment : respiration, transpiration, photosynthèse. Pour le détail de ces répercussions nous renvoyons aux diverses mises au point déjà faites sur ce sujet (BRUINSMA, 1965, CHABOUSSOU, 1965, 1969). Nous nous contenterons d'évoquer brièvement le cas du D.D.T. et du carbaryl.

Aussi bien sur Vigne que sur Haricot : utilisé à la dose de 100 g PA/hl, le D.D.T. exerce une action positive sur la protéogénèse, phénomène pouvant d'ailleurs retentir positivement sur la récolte. Très tôt après le traitement, on constate dans les feuilles une majoration du taux d'azote total et protéique, accompagné d'une réduction, semble-t-il corrélative, des glucides réducteurs. Des résultats identiques ont été obtenus par KAMAL (1960).

Des répercussions analogues sont aussi fréquemment constatées avec le carbaryl sur Vigne, sur Haricot, Pomme de terre, etc...

Aussi, sur la base de ces résultats, utilisons-nous comme tests des répercussions biochimiques, le rapport NI/GR (NI désignant l'azote insoluble et GR les glucides réducteurs). En comparant la valeur de ce rapport à celle des témoins, on peut savoir en effet, d'une façon quasi-immédiate, si le produit en question exerce un effet bénéfique ou défavorable sur la Plante.

3°) Action négative des pesticides sur la protéogénèse : inhibition ou arrêt de la croissance.

On connaît bien les effets de brûlures ou de décolorations du feuillage pouvant être entraînées par les produits : la non-phytotoxicité constitue en effet la première condition exigée d'un pesticide. Cepen-

dant, il existe des incidences plus insidieuses, et pouvant même ne se manifester que plusieurs années après le traitement, chez les plantes pérennes. C'est le cas, par exemple, de la nécrose hivernale des rameaux de Pêcher consécutive aux pulvérisations à base de zirame, comme l'a montré GROSCLAUDE (GROSCLAUDE et al., 1964, 1965 a et b). Or, les analyses biochimiques auxquelles nous avons fait allusion plus haut (azote-glucides) peuvent montrer, avant même l'apparition des symptômes, un déséquilibre nutritionnel provoqué par les répercussions du pesticide (GROSCLAUDE, 1969).

Sur Vigne (Merlau blanc), en traitement au début du mois de juillet et aux doses standard utilisées le parathion (20 g PA/hl) et le carbaryl (100 g PA/hl) entraînent un arrêt de la protéogénèse. A l'analyse, cette inhibition se traduit par une régression de l'azote protéique et par une augmentation des sucres réducteurs dans les tissus foliaires. Autrement dit, on enregistre, par rapport aux témoins, une régression du rapport NI/GR.

De telles inhibitions de la photosynthèse et de la protéogénèse ont d'ailleurs été constatées par différents auteurs. Ainsi, sur Blé, le D.D.T. altère le métabolisme de telle sorte que les acides aminés libres et les sucres simples s'accumulent dans la feuille. L'effet paraît dû à un ralentissement de la synthèse des protéines et des hydrates de carbone (FORSYTH, 1954). Il en est de même chez les variétés d'Orge sensibles au D.D.T. : la photosynthèse est inhibée, les feuilles mourant prématurément après apparition des symptômes de chlorose (LAWLER et ROGERS, 1967) (SAN ANTONIO J. R. et WIEBE G. A., 1963).

Sur Pommier, alors que le Fermate, le 2-4 D et le chlordane entraînent une stimulation de la photosynthèse, la parathion la ralentit, ceci en accord avec ce que nous avons nous-même constaté sur Vigne pour cet insecticide organo-phosphoré (PICKETT et al., 1951). Il en est de même avec le diazinon le gusathion et le dieldrin (HEINRICKE et FOOTT, 1966).

Des répercussions analogues peuvent être également constatées avec les fongicides (BRUINSMA, 1965, GARTEL, 1967).

4°) Influence de la dose, de l'époque des traitements et de l'état initial de la plante.

On pourrait être tenté de classer les différents produits selon les répercussions qu'ils entraînent dans la plante, en particulier vis-à-vis de la photosynthèse et de la protéogénèse. Cependant, comme nous l'avons vu plus haut, selon la plante traitée, le D.D.T. peut exercer soit un effet positif sur la croissance (Vigne), soit au contraire l'inhiber (Blé, Concombre).

Les choses ne sont donc pas si simples, les incidences d'un produit déterminé étant fonction à la fois de la dose utilisée, de la nature de la plante ainsi que de l'époque de l'année où l'on intervient. Doivent enfin vraisemblablement jouer les conditions écologiques elles-mêmes (température, lumière, humidité) dans la mesure où elles sont susceptibles d'influencer simultanément la persistance du produit et le métabolisme de la plante.

Toutefois, si l'on ne peut donner de règle générale précise concernant les répercussions biochimiques, on peut dire qu'en dehors de l'enrichissement des tissus foliaires en métaux (Cuivre, Zinc, Manganèse), ou en métalloïdes (soufre, phosphore), les différents insecticides ou fongicides peuvent exercer une action positive ou négative sur les processus de la protéogénèse. En d'autres termes, les pesticides sont susceptibles de perturber, de façon plus ou moins accusée et plus ou moins prolongée, le rapport entre les substances azotées et les glucides ainsi parfois que la nature même de ces substances azotées et de ces sucres. Or, de telles perturbations suffisent amplement pour modifier la résistance de la Plante tant vis-à-vis des maladies que de ses ravageurs animaux.

III. RÉPERCUSSIONS BIOCHIMIQUES DES PESTICIDES SUR LA PLANTE ET MULTIPLICATION DES ACARIENS ET DES PUCERONS.

1°) Multiplication de *Panonychus ulmi* par le D.D.T. et les esters phosphoriques.

De nombreux auteurs ont mis en évidence les relations existant entre la teneur des tissus foliaires

en azote et la multiplication de l'Acarien (LEFTER 1967, fig. 2). D'autre part, VAN DE VRIE (1969) et nous-même (CHABOUSSOU, 1969) avons pu montrer qu'en élevage — c'est-à-dire en dehors de toute action des ennemis naturels — le D.D.T. entraîne des majorations de fécondité et de longévité de *P. ulmi*.

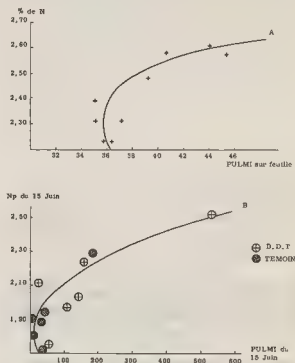


FIGURE 2

A. Corrélation parabolique entre la teneur en azote des tissus foliaires du Prunier et la densité de *P. ulmi* (d'après LEFTER, 1967).
B. Corrélation parabolique entre la teneur en azote protéique des tissus foliaires de la Vigne et la densité de *P. ulmi*. (CHABOUSSOU, résultats d'essais en 1960).

Par ailleurs, comme nous l'avons vu plus haut, à la dose standard de 100 g PA/hl, le D.D.T. entraîne sur Vigne une élévation du taux d'azote protéique dans les feuilles. Ainsi le cycle est-il bouclé et il se trouve donc démontré que c'est tout au moins partiellement par son action positive sur la protéogénèse que le D.D.T. provoque la multiplication de l'Araignée rouge. A noter les différences des répercussions enregistrées selon le cépage utilisé. Sur Gamay, tout se passe comme si, par son action sur le métabolisme de la plante et l'élévation du taux d'azote

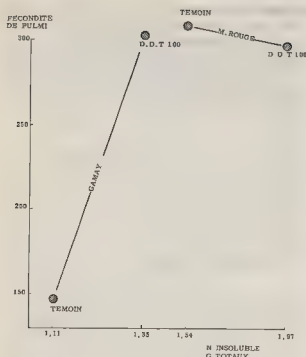


FIGURE 3

Relations entre la fécondité globale de *P. ulmi* sur cépages Gamay et Merlau rouge obtenue par élevage sur témoins et traité au DDT (100 g PA/hl) d'une part et la teneur du feuillage en azote insoluble/glucides totaux au début de l'élevage d'autre part.

protéique qui en résulte, le D.D.T. avait brisé la relative résistance de ce cépage aux attaques de l'Acarien; peu d'effet au contraire sur Merlau rouge, cépage déjà riche en azote et sensible aux attaques de *P. ulmi* (fig. 3).

En ce qui concerne la multiplication de *P. ulmi* par les esters phosphoriques, le processus paraît être sensiblement différent. Dans ce cas, certains composés nutritionnels phosphorés tels que la *lécithine* pourraient être à l'origine de la multiplication.

2°) Multiplication de l'Acarien des charmes : *Eotetranychus carpini* vitis Dosse et de l'Acarien des serres : *Tetranychus urticae* Koch par différents pesticides.

A la différence de *P. ulmi* dont la fécondité paraît liée au taux d'azote protéique et aux glucides totaux,

E. carpini et *T. urticae* qui se multiplient en jours courts, exigent une prédominance des sucres réducteurs et de l'azote soluble (acides aminés) (FORSYTH, 1961). Leurs besoins nutritionnels paraissent donc se rapprocher de ceux des Pucerons que nous allons examiner ensuite.

Ces exigences nutritionnelles semblent expliquer notamment la brusque et importante multiplication de ces Acariens par le *parathion*. Utilisé à 20 g PA/hl sur Vigne, cet ester phosphorique arrête, ou tout au moins ralentit considérablement la photosynthèse et la protéogénèse en enrichissant les tissus foliaires en glucides réducteurs (fig. 4).

Quant aux répercussions du D.D.T. vis-à-vis de *T. urticae*, elles dépendent, comme pour les autres pesticides, à la fois de la dose utilisée et de la plante traitée.

Dans certains cas, par leur action positive sur la protéogénèse et la diminution des sucres réducteurs qui en résulte dans les tissus foliaires, le D.D.T. et le carbaryl peuvent entraîner des régressions de populations des Acariens (fig. 5).

Par contre, et comme nous l'avons vu plus haut : si la plante s'avère sensible ou bien si l'on élève la dose pour une plante résistante, ces mêmes insecticides peuvent arrêter la protéogénèse. Il se produit alors une accumulation de substances solubles et de glucides réducteurs dans les tissus foliaires, ce qui a finalement pour effet, d'entraîner par voie nutritionnelle, une augmentation de fécondité et de longévité des Acariens. Il en est de même pour les Pucerons comme nous allons le voir maintenant.

3°) Multiplication des Pucerons à la suite des traitements pesticides.

Il a été également montré par élevage, que la multiplication des Pucerons par les pesticides pouvait intervenir en dehors de toute action sur les ennemis naturels. Ainsi : MICHEL (1966) élevant *Myzus persicae* sur Tabac préalablement traité au *mévinphos* a obtenu des majorations de fécondité et de fertilité, alliées à un raccourcissement du cycle évolutif, processus ayant d'ailleurs entraîné une génération annuelle supplémentaire.

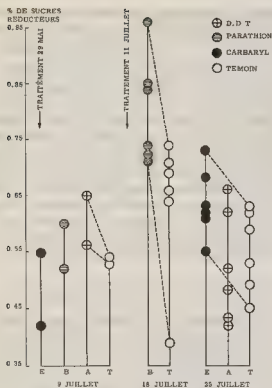


FIGURE 4

Répercussions du DDT, du parathion et du carbaryl (ou Sevin) sur la teneur en glucides réducteurs des feuilles de la Vigne, par rapport aux témoins, à la suite des traitements effectués les 29 mai et 11 juillet 1962 (cépage Merlau blanc, St-Ferre, Gironde).

De tels résultats expliquent les phénomènes de pullulations d'Aphides ainsi que les « échecs de traitements » maintes fois constatés dans les conditions de la pratique, à la suite de l'utilisation de certains pesticides. Notamment dans le cas du diazinon, du déméthoate, du formothion, du carbaryl ou même du D.D.T. Nous allons d'ailleurs voir précisément, avec ce dernier produit, quels peuvent être les processus à l'origine de cette multiplication.

Etudiant la reproduction d'*Aphis fabae* sur hampes florales de Betteraves traitées au D.D.T. à haute dose, SMIRNOVA (1965) constate tout d'abord que la fécondité du Puceron est différente selon le délai qui s'écoule entre le traitement et la contamination. L'effet positif le plus accusé sur la fécondité d'A.

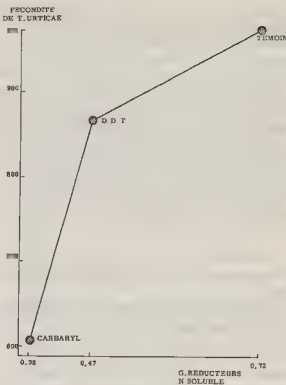


FIGURE 5

Fécondité globale de 18 femelles de *T. urticae* obtenue en élevage sur Haricots traités au moyen du DDT et du carbaryl, en fonction du rapport : glucides réducteurs / azote soluble des tissus foliaires, au début de l'élevage.

fabae intervient entre 8 et 15 jours après l'intervention insecticide.

Selon l'auteur, cette exacerbation de l'oviposition est en corrélation avec la majoration en azote non protéique des plantes traitées. En outre, on enregistre dans les hampes florales des Betteraves traitées au D.D.T., une augmentation des sucres par rapport aux témoins. Ainsi les larves de pucerons placées sur les plantes traitées au D.D.T. à forte dose évoluent-elles dans des conditions de sève à teneur élevée en glucides et produits azotés solubles, soit un état biochimique éminemment favorable à leur fécondité.

(Dans ce cas, et à la dose élevée utilisée, le D.D.T. a donc entraîné une inhibition de la photosynthèse et de la protéogénèse).

Nous avons laissé systématiquement de côté, dans cette mise au point, l'action sur la plante et leurs répercussions sur la faune, des herbicides et des substances de croissance. Cependant, à propos des multiplications de pucerons, nous devons toutefois signaler que MAXWELL et HARWOOD (1960) ont montré que le traitement des Fèves au 2-4 D entraîne un taux de reproduction nettement plus élevé chez *Macrosiphum pisum*. Ce fait paraît vraisemblablement en relation, comme dans le cas précédent, avec l'accroissement des quantités de divers acides aminés libres dans la sève, tels que : alanine, acide aspartique, sérine et aussi glutathion.

IV. RÉPERCUSSIONS BIOCHIMIQUES DES PESTICIDES SUR LA PLANTE ET DÉVELOPPEMENT DES MALADIES.

1°) Exacerbation de la sensibilité du Blé à la Rouille par le traitement au D.D.T.

Les travaux de JOHNSON (1946) nous paraissent à ce sujet exemplaires. Déjà à cette époque, l'auteur soulignait que la réaction de la plante-hôte au D.D.T. pouvait ouvrir une nouvelle voie concernant l'étude de la résistance à la Rouille. Or nous pourrions ajouter qu'il paraît en être ainsi, non seulement pour l'action du D.D.T., mais aussi pour celle de tous les pesticides — que ceux-ci soient insecticides ou fongicides — et également vis-à-vis de l'ensemble des maladies.

JOHNSON (*op. cit.*) a expérimenté vis-à-vis de diverses variétés de Blé qu'il a inoculées au moyen des spores de différentes races physiologiques de Rouille (*Puccinia graminis tritici*). Les plantes ont été traitées ensuite au D.D.T., après avoir préalablement établi que cet insecticide n'entraînait aucun effet direct sur la virulence du champignon.

A la suite de ces contaminations artificielles JOHNSON (*op. cit.*) a constaté que sur la variété de Blé *Khapli*, toutes les races de Rouille avaient entraîné des pustules considérablement plus étendues sur les plantes traitées au D.D.T. que sur les Blés témoins.

Or, sur cette variété plus sensible à la Rouille, JOHNSON trouva une relation marquée entre la chlo-

rose et le développement de la maladie. Par ailleurs, LAWLER et ROGERS (1967) ont également montré que sur Orge, le D.D.T. peut affecter le processus de la photosynthèse chez les variétés sensibles.

Ainsi semble-t-il démontré par ces essais que l'exacerbation de la sensibilité du Blé à la Rouille entraînée par le traitement au D.D.T. est la conséquence directe des répercussions de ce produit sur la physiologie de la plante. Tout comme dans le cas de la prolifération des Pucerons sur Fèves traitées au D.D.T., que nous avons étudié au chapitre précédent, le processus de la sensibilisation réside vraisemblablement dans l'accumulation de glucides et de substances solubles favorables au développement de ce champignon (HORSFALL et DIMOND, 1957).

2°) Action du 2-4 D sur diverses maladies.

Dans le même ordre d'idées, signalons que le traitement du Blé au 2-4 D le prédispose à de graves attaques d'*Helminthosporium sativum*. Or, utilisé à une certaine dose, le 2-4 D entraîne dans la plante une réduction du taux des glucides. Ce fait cadrerait donc bien avec le classement de l'*Helminthosporiose* parmi les maladies des plantes à faible teneur en sucre.

En outre, les résultats — dans ce cas positifs — obtenus par MOSTAFA et GAYED (1965) vis-à-vis de *Botrytis fabae* sur Fève grâce à l'action du 2-4 D paraissent bien confirmer que l'effet pro ou anticryptogamique de ce produit trouve son origine dans l'action du produit sur le métabolisme de la plante. Les analyses ayant en effet montré que le 2-4 D avait considérablement réduit le contenu des tissus foliaires en sucres, les auteurs en ont déduit que ce processus devrait vraisemblablement interférer avec le développement normal et la potentialité pathogène du *Botrytis*. On sait en effet que le champignon de la Pourriture grise présente des exigences nutritionnelles particulièrement élevées en glucides.

3°) Mode d'action des fongicides classiques.

Les résultats étudiés ci-dessus amènent à se poser la question du processus exact de l'action anticryp-

togamique des produits classés comme fongicides proprement dits. Il en est ainsi, par exemple, du captane.

Dans leurs essais de lutte contre le *Botrytis* sur Haricot, SOMERS et RICHMOND (1962) ont appliqué le captane sur les racines pour essayer de lutter contre le champignon, en principe par voie endothérapique. Or, le maximum de captane retrouvé dans les feuilles à l'analyse n'était qu'une faible fraction de celle requise pour l'inhibition, *in vitro*, de la germination des spores. Ainsi, les auteurs en sont-ils venus à cette conclusion que *la répercussion du produit sur le métabolisme de l'hôte serait responsable de l'action anticryptogamique observée sur le feuillage après l'application sur les racines*.

Bien que les Auteurs n'aient pas pratiqué d'analyse des tissus foliaires, on peut cependant logiquement supposer que si le captane a effectivement agi par action indirecte sur le développement de *Botrytis*, c'est en réduisant le taux des glucides. C'est d'ailleurs de telles répercussions que nous avons pu constater nous-même dans nos essais sur Vigne, du moins lorsqu'on utilise le captane en *début de saison* et à la dose standard préconisée contre le Mildiou soit 175 g PA/hl de bouillie.

4°) Développement de l'Oïdium (*Uncinula necator*) et de la Pourriture grise (*Botrytis cinerea*) sur Vigne, à la suite des traitements au zénbè et au manèbe.

A l'heure actuelle, nous ignorons dans quelle mesure le développement de ces maladies, entraîné par l'utilisation de ces dithiocarbamates, peut être mis en relation avec les répercussions des produits sur la biochimie de la plante. Cependant, bien que nous ne disposions encore que de peu d'analyses, nos recherches ont cependant prouvé que ces produits perturbent parfois de façon sensible, le métabolisme de la Plante. Un observateur averti du vignoble : GARTEL (1967) pense d'ailleurs comme nous, que de telles répercussions sont parfaitement susceptibles de sensibiliser la Vigne au *Botrytis*.

V. RELATIONS ENTRE LA RÉCEPTIVITÉ DE LA PLANTE ET LES BESOINS NUTRITIONNELS DES PARASITES ANIMAUX ET VÉGÉTAUX.

Il s'agit là d'un vaste sujet dont nous n'examinerons ici que quelques aspects en rapport avec les faits et les considérations qui précèdent.

On peut tout d'abord se demander, à la lecture du titre de ce chapitre, dans quelle mesure est-il rationnel d'assimiler ou même de comparer la réceptivité d'une plante vis-à-vis d'un Insecte à celle d'un champignon parasite ? A première vue en effet, les processus de contamination paraissent sensiblement différents.

On peut cependant remarquer que si, grâce à sa *mobilité* et à ses *sens* il est possible à l'Insecte d'explorer un territoire relativement étendu et de procéder aux choix de la Plante, le champignon parasite, favorisé par le *nombre* et la *motilité* de ses spores, peut couvrir une zone sans doute plus vaste encore que l'Insecte en y contaminant à peu près complètement toutes les plantes.

Bref, la contamination : autrement dit : l'arrivée sur la plante étant chose faite, le problème se trouve ramené à celui de l'*attaque* proprement dite. Il s'agit pour l'Animal, de la prise de nourriture et de la poursuite de l'alimentation et pour le Champignon : de la germination des spores et de l'envahissement des tissus foliaires par les hyphes. C'est ici qu'interviennent l'état physiologique et la composition de la plante et que les écologistes se séparent en deux écoles.

Pour les uns, l'attractivité de la Plante ou inversement l'effet répulsif qu'elle peut exercer sur l'Insecte, dépendrait de substances particulières (odeurs et couleurs principalement) qui ne semblent présenter, *a priori* aucune valeur nutritionnelle pour l'animal. Les insectes auraient en effet pratiquement les mêmes exigences nutritionnelles de base.

Beaucoup plus prudents, les autres écologistes soulignent qu'on ne connaît encore que fort peu de choses concernant les besoins des insectes phytophages pour nous permettre de comprendre les méca-

nismes des relations plante-insecte. D'ailleurs, font-ils observer, pour quelles raisons certains insectes se montreraient-ils si spécifiques dans la sélection de l'hôte si leurs besoins nutritionnels de base étaient les mêmes ?

Selon cette seconde école, illustrée notamment par les travaux de THORSTEINSON (1957) et de KENNEDY (1951-1965), les facteurs nutritionnels joueraient, au contraire, le plus grand rôle dans la susceptibilité de la plante. Pour ces écologistes, les substances susceptibles de déclencher des stimuli d'ordre olfactif, visuel ou gustatif, constitueraient, en quelque sorte les sous-produits d'un métabolisme de la plante qui, lui, déterminerait un état biochimique nutritionnellement favorable à la survie et à la fécondité de l'Insecte.

Ces attitudes, radicalement différentes, ont ainsi conduit les recherches concernant les facteurs de résistance de la plante dans des voies également passablement différentes, sinon opposées. Ainsi, les chercheurs appartenant à la première école, écartant délibérément les éléments nutritionnels, ont uniquement cherché à relier la résistance des plantes à celle de l'existence de *facteurs toxiques*. Ce type de recherches a été notamment illustré par les travaux de BECK (1965) concernant la résistance du Maïs à la Pyrale (*Ostrinia nubilalis*) et la mise en évidence du facteur A : le 6 méthoxybenzoxazolinone, et de son diméthoxy analogue : le benzoxazolinone. Ces produits agiraient non seulement comme produits répulsifs mais aussi comme inhibiteurs de croissance.

Dans la même optique, les spécialistes de la pathologie végétale ont également cherché à mettre en évidence des facteurs antagonistes vis-à-vis des champignons parasites. Ont été ainsi mis en avant phénols, glucosides phénoliques, flavonoides, anthocyanines, acides aminés aromatiques, et autres toxiques se formant dans les tissus malades et désignés globalement sous le terme de *phytoalexines* (TOMIYAMA 1963, FARKAS et KIRABY, 1958).

Les chercheurs de la seconde école ont au contraire cherché quels étaient dans la plante les *facteurs nutritionnels* susceptibles de retenir l'Insecte et d'assurer son développement ou bien de favoriser l'attaque de telle ou telle maladie. Pour eux, ce serait

l'absence de ces facteurs nutritionnels qui constituerait finalement le facteur de résistance à l'Insecte ou au Champignon parasite.

Or, nous remarquerons tout de suite que ces deux positions ne seraient pas forcément incompatibles, dans la mesure où l'existence de facteurs présumés toxiques impliquerait l'absence de facteurs nutritionnels. Dans ce cas cependant, on n'aurait nullement affaire à une toxicité proprement dite, mais plus exactement à une non-croissance du phytophage par suite d'une absence d'éléments trophiques. C'est d'ailleurs ce que suggèrent diverses expériences concernant l'arrêt de croissance des champignons parasites dont on peut se demander si elle ne serait pas due à une simple inanition.

Précisément, les essais de SCOTT et GUTHRIE (1966) concernant le déterminisme de la résistance de l'attaque des feuilles de Maïs par la Pyrale sont partis de cette idée que cette résistance pourrait être causée par l'absence — ou la présence en quantité limitée seulement — d'une certaine substance nutritionnelle. Afin de vérifier cette hypothèse, les Maïs reconnus comme résistants à *Ostrinia nubilalis* furent supplémentés au moyen d'une diète artificielle liquide introduite à la pipette dans le cornet des plantes (cette diète contenait notamment des sucres, de la caseine, de la levure, des sels minéraux, diverses vitamines et notamment de l'acide ascorbique).

Or, la survivance larvaire des Pyrales placées sur les plantes ainsi traitées et appartenant à la lignée résistance C.I. 31 A fut égale à celle trouvée sur plantes témoins de la lignée susceptible WF 9.

Ainsi les auteurs paraissent-ils avoir établi que l'accroissement de la longévité des larves sur plantes traitées avec la solution diète suggérerait que la résistance ou la susceptibilité des feuilles aux attaques n'était nullement fonction de la présence ou de l'absence d'une substance toxique dans les lignées résistantes, mais bien de l'absence ou de la présence de facteurs trophiques.

De même, les travaux dans le détail desquels nous ne pouvons entrer ici et concernant l'étude du prérendum des Pucerons vis-à-vis de certaines diètes artificielles, d'un certain nombre de chercheurs dont

AUCLAIR (1965), MITTLER et DADD (1963-1965), CARTIER (1968), conduisent-ils à cette conclusion que les stimuli auxquels réagissent les insectes sont en étroit rapport avec les éléments nutritifs essentiels variés se trouvant dans les plantes et tels que : *sucres* principalement mais aussi : *acides aminés* et *amides*, *phospholipides*, *stéroïdes* et même parfois quelques *vitamines*.

AUCLAIR (*op. cit.*) a notamment montré chez *Acyrtosiphon pisum* que *préférendum* et *fécondité* vont de pair, tandis que CARTIER (*op. cit.*) souligne qu'en absence de phagostimulants spéciaux, la *supériorité nutritionnelle* de la diète est en relation avec la *sélection* de la nourriture pour les Pucerons : *A. pisum* et *Macrosiphon euphorbiae*.

Par ailleurs, en concordance avec ce que nous avons noté plus haut concernant les Acariens, un certain nombre de recherches, notamment celles de LE BERRE et al. (1961), MISSONNIER et STENGEL (1966) sur l'alimentation des Diptères en relation avec leur fécondité et leur longévité, ont montré que les exigences nutritionnelles des diverses espèces d'Insectes, même voisins, ne sont nullement identiques. Bien au contraire, les divers travaux des différents auteurs travaillant aussi bien au moyen des diètes artificielles que sur les végétaux vivants et concernant la recherche du *préférendum* en liaison avec la croissance, la fécondité et la longévité conduisent à penser qu'il existe pour chaque espèce, une *diète optimum caractérisée par un équilibre déterminé entre les sucres et les substances organiques azotées*. (Ces dernières étant constituées par des acides aminés libres ou des protéines selon l'Insecte ou l'Acarien auquel on s'adresse).

Par ailleurs, si les substances phagostimulatrices comme les stéroïdes peuvent effectivement intervenir, par exemple pour l'attaque de la plante par la larve chez *Bombyx mori*, elles ne conduisent à une alimentation continue que si les sucres sont aussi présents.

Sans doute est-il intéressant de faire le rapprochement entre cette diversité des besoins nutritionnels des insectes et ceux des champignons parasites. Frappés de certains faits concernant les différences de sensibilité d'une plante vis-à-vis de diverses mala-

dies, HORSFALL et DIMOND (1957) ont proposé, dans une première approximation, de classer les maladies selon la teneur relative des tissus foliaires en glucides.

Selon ce schéma : l'*Alternaria* de la Tomate, les *Fusarium*, l'*Anthraxnose* et l'*Helminthosporiose* seraient des maladies des plantes à « basse teneur en sucre ». Autrement dit, ces champignons pathogènes auraient des exigences relativement faibles en glucides.

Au contraire : les *Rouilles*, le *Mildiou poudreux* des céréales, le *Botrytis* et les *Verticillium* seraient, avec le *Mildiou* de la Pomme de terre, des maladies des plantes à *haute teneur en sucre*. En d'autres termes, il s'agirait de champignons présentant des besoins relativement élevés en glucides.

Le bien-fondé de cette classification paraît effectivement démontré par deux ordres de faits. D'une part, les quelques recherches faites concernant le rôle des exsudats de la plante sur la germination des spores et l'envahissement des tissus foliaires par les hyphes du champignon parasite paraissent effectivement indiquer que chaque maladie est caractérisée par des besoins nutritionnels déterminés et notamment par un équilibre différent des glucides et des substances azotées (PANTANELLI, 1921).

D'autre part, cette classification se trouve aussi confirmée par les résultats pratiques obtenus par GRAINGER (1956, 1962 a et b, 1967). Concernant un certain nombre de maladies et notamment le Mildiou de la Pomme de terre, GRAINGER a pu étalonner les différentes phases de la sensibilité d'une plante vis à vis d'une maladie donnée, grâce aux valeurs prises par le rapport Cp/Rs, exprimant la relation entre le poids total des hydrates de carbone et le poids résiduel de la plante.

Ainsi, selon l'expression même de l'auteur, serait-on en possession d'une nouvelle clé de la phytopathologie et dont l'importance pratique réside dans le fait qu'elle amène à accorder autant d'attention à l'hôte qu'au parasite.

Que l'état physiologique de la plante conditionne sa réceptivité vis à vis d'une maladie comme d'un insecte est également mis en lumière par la différence

de sensibilité des feuilles selon leur âge. PANTANELLI (op. cit.) remarque en effet, que les feuilles de Vigne très jeunes ne se laissent pas infecter par le mildiou, car, à la différence des feuilles ayant terminé leur développement, « on y trouve une moindre quantité d'amidon et de sucre, une plus grande quantité d'albumine et l'absence presque complète de composés solubles dans l'eau ».

Autre fait : la nature des fumures et la nutrition de la plante peuvent également jouer un rôle fort important sur la sensibilité de la plante aux maladies. D'après les recherches de SOL (1967), sur Fève cultivée en solution azotée ammoniacale, la proportion de conidies de *Botrytis fabae* qui germent est nettement plus élevée que sur plante ayant poussé sur solution azotée nitrrique. Ce phénomène paraît s'expliquer parce que les feuilles des plantes cultivées en solution ammoniacale se caractérisent par une teneur nettement supérieure — environ le double — en glucose. La teneur en amino-acides est également plus élevée.

Or les conditions écologiques, l'âge de la plante et sa nutrition ne sont pas les seuls facteurs susceptibles d'agir sur la physiologie et l'état biochimique des tissus foliaires : comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, l'action des pesticides peut s'avérer à cet égard tout aussi importante. Aussi est-on en droit de se demander dans quelle mesure ces répercussions seraient-elles susceptibles soit de déclencher un accroissement des maladies soit au contraire d'augmenter la résistance de la Plante. A ce sujet, il s'agit de savoir si l'action de la majorité des produits anticyptogamiques ne consiste pas, avant tout, à rapprocher la plante des conditions biochimiques lui conférant cette résistance naturelle, précisément constatée vis à vis de la maladie en particulier à certains stades de son développement.

VI. CONCLUSIONS.

1) Dans la majorité des cas, les répercussions des produits sur la physiologie et la biochimie de la plante sont à l'origine des déséquilibres biologiques,

autrement dit, des augmentations de fécondité et de longévité des phytophages tout comme de la recrudescence de développement de certaines maladies parasitaires.

Au même titre que les recherches au moyen de diètes artificielles concernant le *preferendum* des Insectes, en liaison avec leur croissance, leur longévité et leur fécondité, ces incidences des pesticides sur la plante soulignent toute l'importance des facteurs trophiques tant sur la sensibilité de la plante aux maladies que sur la multiplication des Arthropodes phytophages.

Pour souligner ce fait que tout processus vital se trouve sous l'étroite dépendance des besoins nutritionnels de tout organisme — qu'il soit animal ou végétal — nous avons déjà proposé le terme de *trophobiose* (CHARBOUSSOU, 1966 a).

2) L'ensemble des résultats examinés dans cette étude devrait donc amener à considérer de plus près l'état biochimique de la plante en relation avec sa sensibilité aux maladies. Autrement dit : à davantage tenir compte de la notion de « terrain » dans le développement des champignons parasites ou de la susceptibilité aux Insectes.

Ceci implique la recherche des facteurs nutritionnels respectivement nécessaires aux divers champignons parasites et aux ravageurs animaux.

3) Corrélativement devrait être systématiquement conduite l'étude des répercussions des pesticides sur la plante, en relation avec la résistance de cette dernière aussi bien vis à vis des maladies que des Insectes ou des Acariens.

Les faits exposés dans ce travail donnent à penser que les résultats pouvant être obtenus au moyen de ces deux types de recherche pourraient éclairer d'un jour passablement nouveau, le mode d'action des divers pesticides : ils en permettraient sans doute une utilisation plus judicieuse.

De tels travaux constituent d'ailleurs la condition nécessaire pour la mise au point avec le maximum de chances de succès, d'une lutte véritablement « intégrée ».

BIBLIOGRAPHIE

- AUCLAIR J.L., 1965. — Feeding and nutrition of the Pea Aphid *Acyrtosiphon pisum* (Homoptère: Aphidae) on chemically defined diets of various pH and nutrient levels. *Ann. Entomol. Soc. America*, **58**, 6, 855-875.
- BECK S.D., 1965. — Resistance of plants to insects. *Ann. Rev. Ent.*, 207-232.
- BRUNISSA J., 1965. — Effects of pesticidal treatments on the chlorophyll content of plant parts. *Residue Rev. Germ.*, **10**, 1-39.
- CARTIER J.J., 1968. — Factors of host plant specificity and artificial diets. *Bull. Entom. Soc. America*, **14**, 18-21.
- CHABOUSSOU F., 1965. — Rapports entre les répercussions des pesticides sur la plante et la sensibilité de cette dernière aux attaques des ravageurs animaux et des champignons parasites. *C. R. Congrès Pomol.*, 96^e session, Paris, 190-205.
- CHABOUSSOU F., 1966 a. — Nouveaux aspects de la phytiairie et de la phytopharmacie. Le phénomène de la trophobiose. *Proc. F.A.O. Symposium of integrated control*, **1**, 36-61.
- CHABOUSSOU F., 1966 b. — Les déséquilibres consécutifs aux traitements pesticides des vergers et de la Vigne. *Rev. Zool. Agric.*, 4^e tri. 1966, 136-152.
- CHABOUSSOU F., 1967. — Etudes des répercussion de divers ordres entraînées par certains fongicides utilisés en traitement de la Vigne contre le Mildiou. *Vignes et Vins*, n°160, juin 1967 et n° 164, nov. 1967.
- CHABOUSSOU F., MOUTOUS M^{me} G., LAFON R., 1968. — Répercussions sur l'Oidium de divers produits utilisés en traitement fongicide contre le Mildiou de la Vigne. *Rev. Zool. Agric.*, n° 4-6, 37-49.
- CHABOUSSOU F., 1969. — Recherches sur les facteurs de pullulation des Acariens phytophages de la Vigne à la suite des traitements pesticides du feuillage. *Thèse Fac. Sciences. Paris*, 24 avril 1969.
- COX R.S. et HAYSLIP N.C., 1956. — Progress in the control of grey mould of Tomato in southern Florida. *Plant disease reporter*, **40**, 718.
- FARKAS G.L. et KERALY Z., 1958. — Enzymological aspects of plant diseases. *Phytopathologische Z.*, **31**, 251-272.
- FRIEND W.G., 1966. — Nutritional requirements of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **3**, 57-74.
- FRITZSCHE R., 1961. — Die Wirt Parasit Beziehungen zwischen verschiedenen gemüsepflanzen und *Tetranychus urticae* Koch und epidemiologische Bedeutung. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land. u. Forst. wirtsch. Dtsch.*, **104**, 138-143.
- FORSYTH F.R., 1954. — Effect of DDT on the metabolism of khapli wheat seedlings. *Nature*, p. 827.
- GARTEL B.W. 1967. — Action sur la Vigne des produits chimiques utilisés dans la lutte contre les parasites et ses conséquences. *Bull. O.I.V.*, **40**, 442, 1342-51.
- GRAINGER J., 1956. — Host nutrition and attack by fungal parasites. *Phytopathology*, **46**, 445-446.
- GRAINGER J., 1962 a. — The host plant as a habitat for fungal and bacterial parasites. *Phytopathology*, **52**, 140-150.
- GRAINGER J., 1962 b. — Host, parasite and man in crop disease. *Med. v. d. Landb. Gent, Belgique*, **27**, 3, 671-702.
- GRAINGER J., 1967. — La Cp/Rs, nouvelle clef de la phytopathologie. *Span*, **10**, 44-49.
- GROSCLAUDE C., DUFOUY J. et DELBOS R., 1964. — Un accident grave sur le Pêcher: la nécrose hivernale des rameaux. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, **4-6**, 77-83.
- GROSCLAUDE C., 1965 a. — A propos de certaines altérations hivernales des rameaux de Pêcher. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, **1-3**, 17-20.
- GROSCLAUDE C., 1965 b. — Influence de traitements pesticides sur l'aspect de l'écorce chez le Pêcher. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, **4-6**, 57-60.
- GROSCLAUDE C., 1969. — La nécrose hivernale des rameaux du Pêcher. Reproduction expérimentale des symptômes à la suite des traitements pesticides. *Rev. Zool. Agric. Path. Veg.*, **1-3**, 26-36.
- HEINRICKE R. et FOOT U.W., 1966. — The effect of several phosphate insecticide on photosynthesis of Red Delicious apple leaves. *Canad. J. Plant. Sci.*, **46**, 6, 589-91.
- HORSFALL H.G. et DIMOND A.A., 1957. — Interactions of tissue sugar-growth substances and disease susceptibility. *Z. Pflanzenkrankheit*, **64**, 415-421.
- JOHNSON T., 1946. — The effect of DDT on the stem rust. Reaction of Khapli wheat. *Canad. J. Res.*, **24-28**.
- KAMAL A.L., 1960. — The effects of some insecticides and 2-4 D ester on the nitrogen fraction of Barlett pear and stem tissues. *Diss. Abs.*, **21-42**.
- LAWLER L.D. et ROGERS L.J., 1967. — Effect of DDT on photosynthesis in certain varieties of barley. *Nature*, **215**, 5109, 1515-16.
- LE BERRE J.R., CHEVIN H. et MOREAU J.P., 1961. — Longévité, fécondité et nutrition de deux diptères: *Oscinella frit* L., *Hydrellia griseola* Fall. *Rev. Zool. Agric.*, **151-161**.
- LESTER G.H., 1967. — Influence of chemical fertilizers on the fluctuation of red spider mite (*Metatetranychus ulmi* Koch) populations. *Ann. Prot.*, **IV**, 355-365.
- LEVANDOWSKY M. et HODGSON E.S., 1965. — Amino acid and amine receptors of lobsters. *Comp. Biochem. Physiol.*, **G. B.**, **16**, n° 1, 159-61.
- MAXWELL R.C. et HARWOOD R.P., 1960. — Increased reproduction of pea aphids on broad treated with 2-4 D. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **53**, n° 2, 199-205.
- MISSONNIER J. et STENGEL M., 1966. — Etude des facteurs de fécondité des adultes de *Chortiphila brassicae* B., *Hylemyia antiqua* Meig. et *Pegomyia betae*. *Ann. Epiph.*, **17** (1), 5, 41.
- MOSTAFA M.A. et GAYED S.K., 1956. — Effect of herbicide 2-4 D on bean chocolate spot disease. *Nature*, **178**, 502.
- PANTANELLI E., 1921. — Contribution à la biologie du Mildiou de la Vigne. *Prog. agric. et vitic.*, **LXXV**, **87**, 111-161.

- PICKETT W.F., FISH A.S. et SHAN K.S., 1951. — The influence of certain organic spray materials on the photosynthetic activity on peach and apple foliage. *Proc. Americ. Soc. Hort. Sci.*, 57-111.
- SAN ANTONIO J.P. et WIEBE G.A., 1963. — Physiological effects of DDT on barley. *Crop. Sc.*, 3, 5, 400-402.
- SCOTT G.E. et GUTHRIE W.D., 1966. — Survival of European corn borer larvae on resistant corn treated with nutritional substances. *J. Econ. Ent.*, 1265-1267.
- SMIRNOVA I.M., 1965. — The relation of the bean aphid (*Aphis fabae* Scop) to the content of sugars and nitrogenous substances in beet plants treated with DDT (en russe, résumé anglais). *Trudy vses. nauchn. issled. Inst. Zashch. Rast.*, Leningrad, 34, 124-129.
- SOL H.H. — The influence of different nitrogen sources on (1) the sugars and amino acids leached from leaves and (2) the susceptibility of *Vicia fabae* to attack by *Botrytis fabae*. *Med. Rej. Land., Gent*, 768-775.
- SOMERS E., RICHMOND D.V., 1962. — Translocation of captan by broad bean plant. *Nature*, 194, 4834, 1194-95.
- THORSTEINSON A.J., 1957. — The susceptibility of crops to insect injury in relation to the chemical constitution of the plant. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.*, 64, 7-10, 505-507 ?
- TOMIYAMA K., 1963. — Physiology and biochemistry of disease resistance of plants. *Ann. Rev. of Phytopath.*, 1, 295-324.
- VAN DE VRIE M., 1969. — Possibilities for integrated control of *Panonychus ulmi* Koch on apple trees (en communication).

Le paiement des cotisations à la Société Française d'Ecologie est une condition limite au service du Bulletin. La cotisation était calculée au plus juste; il faut choisir entre payer une cotisation minimale ou voir disparaître un effort de coordination.

ÉCOLOGIE ET ÉCONOMIE

Jean Philippe BARDE ⁽¹⁾

En matière scientifique, et cela est surtout vrai pour les Sciences humaines, la réflexion et la recherche sont souvent à la traîne des faits et de la réalité. Ainsi, ce sont les faits qui font actuellement craquer les cadres traditionnels de la Science Economique qui devront être entièrement redéfinis, notamment en fonction des questions que posent à l'Economie les relations de l'Homme et de son Environnement et la mise en œuvre d'une gestion raisonnable de cet environnement que l'on peut définir comme notre « Capital Nature ». Il en résulte immédiatement que cette *gestion* raisonnable (et non l'*exploitation* efficace) du « Capital Nature » entraîne une nouvelle définition de nombreux concepts économiques tels que : Revenu, Bien-être, Coût et Efficacité. Le Revenu n'est-il que la somme des unités monétaires et des biens réels dont dispose un agent économique ou inclut-il la qualité du milieu de vie ? Le Bien-être se mesure-t-il exclusivement en pouvoir d'achat, ou ne faut-il pas en retrancher les pollutions, les temps de transport, etc. ? Les Coûts, en Economie, se limitent-ils aux consommations intermédiaires dans le processus de production ? Ne comportent-ils pas également les émissions de nuisances ? L'efficacité se définit-elle par le maximum de produit et le minimum de coût, ou par le maximum de qualité et le minimum de dégradation dans la biosphère ? En vérité, la Science Economique, assaillie par une multitude de problèmes doit entièrement remettre en question la plupart des concepts sur lesquels elle s'appuie traditionnellement.

De tous temps, l'Economie a eu pour objet l'exploitation efficace des richesses ; mais elle se trouve maintenant en face d'une notion neuve : la

gestion raisonnable et prospective (et non plus efficace à tous prix) de ce « Capital Nature », qui conditionne notre environnement et la qualité de notre existence. Cette évolution est logique et compréhensible si on la rapporte à l'évolution dans le temps de la nature des rapports de l'homme avec son environnement.

M. Th. Monod y distingue trois phases (2) :

- 1) La Biocénose (ou soumission),
- 2) Le Divorce (ou agression),
- 3) La Réconciliation (ou responsabilité).

Au cours de la première phase (Biocénose) s'établit un équilibre spontané entre l'homme et la nature par adaptation et résignation de celui-ci à celle-là. L'homme est un mammifère récolteur et prédateur parmi les autres et les techniques archaïques ont un impact quasiment nul sur la biosphère. Même lorsque la technologie se développe quelque peu, les moyens restent limités et l'homme continue de se sentir en symbiose avec le cosmos auquel il a conscience d'appartenir.

Lors de la seconde phase (le Divorce), l'homme se dégageant du pacte magico-rituel, se libère de tout scrupule et, armé de moyens matériels sans cesse plus puissants, pille et viole la nature à son gré : « A partir d'un certain degré de puissance, l'homme n'est plus une des parties prenantes de la chaîne écologique » (3). Ainsi, la prédation devient destruc-

(1) L'Homme et son environnement. C.I.S. (Centre Interdisciplinaire de Sociécologie). Association déclarée de Jeunes Cadres et d'Etudiants régie par la Loi de 1901. C.I.S., Boîte Postale 18, Paris (16^e), C.C.P. : C.I.S. 21-486-70 Paris.

(2) Th. MONOD. — « L'homme contre la nature ». *Revue du Christianisme Social*, juillet 1962.

(3) Th. MONOD. — *op. cit.* p. 398.

tion : quatre fusils, en une seule campagne, détruisent 356 antilopes. Technologie développée, esprit scientifique, développement de l'anthropocentrisme avec les religions monothéistes (mystique de l'homme roi de la création et à l'image de Dieu), sont les facteurs principaux de cette évolution.

Le seuil d'apparition de cette seconde phase peut se situer lors du passage d'une économie de subsistance à une économie du profit et du rentable. L'économie se situe alors dans ces étroites limites et l'activité économique n'est que la recherche de l'intérêt immédiat et du profit monétaire maximum. « La nature est plus une proie à saccager qu'un capital à ménager » (4).

Enfin, la dernière phase serait celle de la « Réconciliation » où l'homme réalise « qu'il n'est à tout prendre, que l'usufruitier temporaire (du milieu naturel) et dont il demeure comptable vis à vis de ses descendants » (5). Ce serait à la fois une plus grande conscience, une plus grande connaissance et une plus grande modestie de notre part, une véritable resituation de l'homme dans l'univers dont nous réalisons que si nous le dominons toujours plus, cette domination ne signifie pas pillage impénitent, mais *gestion* et que, loin de nous en séparer, nous demeurons dans l'univers.

Notre tâche présente est d'entrer de plain pied dans cette phase de « Réconciliation » ; l'Ecologie nous en montre les horizons et nous en signale les impératifs ; il incombe à l'Economie d'en tracer les chemins.

I. — LE PRINCIPE ECONOMIQUE ET LES COÛTS DE L'HOMME

A) LES COÛTS DE L'HOMME.

La notion de « coûts de l'homme » a été mise en avant par M. F. FERROUX, notamment dans son ouvrage fondamental « L'Economie du xx^e siècle »

(6). L'idée de base est que le principe même de l'économie est en devenir : « Le principe du rien pour rien, l'onérosité élevée au rang de règle du jeu essentielle sont en fait abandonnées » de sorte que « l'économie avare est ébranlée et commence de céder la place à une économie de tout l'homme et de tous les hommes » (7).

A notre sens, il s'agit là, pour la Science Economique, d'une véritable mutation qui, loin d'être achevée, s'amorce et s'effectue progressivement. L'Economie devient consciente et solitaire : elle devient *Science de l'Homme*. Science de l'Homme parce que, cessant de se cantonner dans les seuls domaines de la production et de la répartition, elle débouche sur les problèmes tels que le sous-développement du tiers monde, le Salaire-Revenu (opposé au Salaire-Prix), et surtout, en ce qui nous concerne ici, sur les problèmes de la qualité de l'environnement, élément essentiel du bien-être, facteur « valorisant » de la croissance économique.

Ainsi, la couverture des « Coûts de l'Homme » est assurée par quatre séries de dépenses (d'après F. FERROUX) : 1) Dépenses assurant l'intégrité physique et mentale (hygiène, secours, etc.) ; 2) Dépenses destinées à lutter contre la mortalité en général, contre la mortalité prématurée et inopinée en particulier ; 3) Dépenses ayant pour but l'amélioration des conditions de vie (Recherche Scientifique notamment) ; 4) Dépenses visant l'épanouissement spirituel, culturel et moral. Il en résulte que « les coûts de l'homme ne se réduisent pas aux coûts prioritaires de l'entretien des travailleurs... Ils découlent de rapports élémentaires de l'homme et de son environnement » (8). Il faut donc élargir cette notion des « coûts de l'homme » dont la couverture sera fondamentalement assurée par les dépenses visant à résorber les différentes nuisances qui affectent notre environnement. Soit à promouvoir notamment un « urbanisme humanisé, une atmosphère et des eaux non polluées, des sols et des aliments biologiquement sains, un milieu naturel non dégradé propre aux loisirs ».

(4) Th. MONOD. — *op. cit.*, p. 399.

(5) Th. MONOD. — *op. cit.*, p. 400.

(6) Paris, 1961. P.U.F.

(7) F. FERROUX. — *op. cit.*, p. 292 et 304.

(8) F. FERROUX. — *op. cit.*, p. 307 (c'est nous qui soulignons).

Il en résulte que cette conception élargie des « coûts de l'homme » impose à l'Economie une redéfinition de ses méthodes comme de ses fins, car le mécanisme des prix et le seul jeu des décisions individuelles ne sont pas aptes à les concevoir, encore moins à les dominer. « Notre demeure est fragile » et il importe de la ménager; pour cela, il faut « tempérer le critère du rendement direct et immédiat par celui des effets latéraux et des conséquences lointaines »; de telles injonctions... réclament plus d'audience pour les sciences biologiques et écologiques... (ainsi que) *l'insertion d'un fondement écologique dans notre science économique* » (9).

Ce dialogue entre l'Ecologie et l'Economie aboutit à une redéfinition du principe économique. C'est ce que nous essayerons de montrer par quelques exemples.

B) VERS UNE REDÉFINITION DU PRINCIPE ÉCONOMIQUE.

Comme il a été signalé plus haut, la plupart des concepts économiques de base doivent être entièrement reconsidérés. Ainsi en est-il pour la *valeur* et l'*utilité*.

1) Des biens « gratuits ».

Après analyse, il apparaît qu'au regard des biens traditionnellement considérés comme gratuits, on se trouve dans une situation de pénurie, sinon immédiate, du moins prévisible; d'autre part, des dépenses doivent être engagées pour la préservation et l'amélioration desdits biens.

On assiste ainsi à un phénomène croissant de *rareté* : rareté de l'eau douce, rareté de l'air pur au-dessus des agglomérations, rareté des aliments biologiquement sains, qui provoque l'apparition sur le marché de biens autrefois « libres » et désormais vendus et vendables (eaux minérales, aliments garantis « naturels », équipements pour purifier l'air ou l'eau, etc.). Par conséquent, les biens autrefois consi-

dérés comme gratuits parce que disponibles en abondance, sont à présent offerts sur un marché et font l'objet d'une demande spécifique; ils acquièrent donc une valeur d'échange. Dès lors, l'opposition établie par A. SMITH entre valeur d'usage et valeur d'échange perd de son intensité, car tout bien possède à la fois une valeur d'usage et une valeur d'échange et les deux sont rarement en coïncidence; ainsi, les biens libres tels que l'air et l'eau, bien qu'ayant une valeur d'usage infinie, auraient une valeur d'échange nulle. N'étant limités par aucune rareté, ils ne peuvent faire l'objet d'une activité économique et par suite, ne peuvent posséder aucune *valeur économique*.

Puisque la rareté est le fondement essentiel de la valeur au sens économique, les biens libres devenant rares acquièrent par là même, une valeur qui a tendance à devenir particulièrement élevée car à une valeur d'usage infinie s'associe une valeur d'échange croissante. En outre, cette rareté justifie une activité économique et les dépenses engagées pour la prévention ou la réparation des pollutions augmentent d'autant la valeur économique des biens libres dont la gestion a désormais un coût. Par exemple, chaque année, l'Allemagne et les U.S.A. octroient des subventions à l'Industrie pour la construction d'installations destinées à lutter contre la pollution des eaux, s'élevant respectivement à DM 75 000 000 et \$ 100 000 000.

La gestion des biens autrefois libres, devenus une ressource rare et coûteuse va donc constituer un élément nouveau dans le calcul économique qui pourra en tenir compte dès lors que ces biens possèdent une valeur d'échange et une valeur-coût.

2) De l'Utilité.

La théorie économique considère l'utilité comme provenant d'un processus destructif : c'est lors de la consommation, donc de la destruction d'un bien ou d'un service que l'utilité de ce bien ou service se fait sentir. Toute destruction ou usure secrète de l'utilité : « De même que la production n'est pas une création de matière mais une création d'utilité, la consommation n'est pas une destruction de matière, mais une destruction d'utilité. L'utilité d'une chose,

(9) B. de JOUVENEL. — « Le Monde » du 25.8.1965 (c'est nous qui soulignons).

une fois détruite, le premier fondement de sa valeur, ce qui la fait rechercher, ce qui en établit la demande, est détruit. Dès lors, elle ne renferme plus de valeur, ce n'est plus une portion de richesse ». (J. B. SAY, *Traité d'Economie Politique*, t. II, 3^e éd.). Autrement dit, tant qu'il n'y a pas consommation, l'utilité reste à l'état potentiel; elle existe en puissance sans faire sentir ses effets.

Or, il semble que ce concept d'utilité doive être nuancé.

1) L'altération des biens libres par la « consommation » qu'on en fait, loin de procurer une utilité, provoque un flux inverse de désutilités dont nous n'avons pas conscience puisqu'il s'agit de biens gratuits dont le gaspillage n'apparaît pas comme un « moins ». Lorsque nous nous trouvons dans l'obligation de reconstituer les dommages causés, les réparations laborieuses qui en résultent apparaissent comme un « plus »; de la sorte, nos calculs économiques sont faussés parce qu'ils reposent sur des concepts mal définis. Au bout du compte, l'opération se solde par une perte sèche qui provient à la fois du flux négatif de désutilités et de l'effort mis en œuvre pour le compenser, effort qui aurait pu être évité. On peut donc dire, d'une manière assez grossière mais significative, que la consommation des éléments constitutifs de notre environnement naturel par usure et altération, n'est pas assimilable à une simple consommation d'utilité. Autrement dit, le concept classique d'utilité ne peut être arbitrairement plaqué sur l'analyse de la gestion de notre environnement.

Prenons l'exemple d'une usine qui déverse ses eaux usées dans une rivière. En première approximation, on dira qu'elle « consomme » les services de la rivière qui lui procure une utilité en prenant à sa charge l'évacuation des déchets. Toutefois, la rivière se trouvant polluée en aval, une série de désagréments va s'ensuivre pour les agents économiques directement ou indirectement utilisateurs des services de la rivière, d'où un flux de désutilités qui se diffuse et s'amplifie et vient compenser ou surcompenser au cadre global l'avantage acquis par l'usine qui est donc émettrice d'*effets externes négatifs* (v. *infra*) Par le biais des ressources libres, il

peut donc se manifester un désavantage; en face de l'utilité de premier rang (rejet des eaux usées) il faut mettre en balance les effets secondaires ou dérivés ou « *Effets externes* ». Au couple consommation-utilité, il faut substituer un triptyque : consommation-utilité-désutilité externe. Si l'on ajoute, que les agents situés en aval devront engager des dépenses pour réparer les dommages causés par la pollution, le solde négatif sera amplifié et égal à : Utilité de premier rang — (Désutilités externes + Frais de réparation).

L'attitude qui consiste à ne pas comptabiliser comme moins les déséconomies externes, et à comptabiliser en positif l'effort de compensation de ces effets, est comparable à celle qui n'évaluerait point comme perte la destruction d'une ville par un cataclysme naturel, et compterait en « plus » sa reconstruction.

2) Le corollaire de ces remarques est que le concept d'utilité se trouve élargi de la notion de destruction et usure, à celle de *maintien et de conservation*. On considérera comme économiquement utile de prévenir l'altération des biens libres, par retenue à la source de l'émission des désutilités externes.

Il reste alors à l'économie à se forger des concepts utilisables dans le calcul et dans l'action.

II. — LES EFFETS EXTERNES ET LA THEORIE ECONOMIQUE

En première approximation, nous avons parlé de « désutilité externe », mais l'on peut désigner le phénomène par le terme général d'*Effet Externe*. C'est la prise en compte de ces Effets qui aboutit à une reformulation du calcul économique.

1) LES DIVERSES ACCEPTIONS DU TERME : EFFET EXTERNE.

La meilleure façon de définir le phénomène de « l'externalité » c'est par son aspect négatif : l'effet externe est un avantage ou un désavantage suscité

par l'activité économique et qui *n'est pas comptabilisé*. Les raisons de cette non-comptabilisation sont faciles à trouver : 1) On a pris conscience depuis peu de l'existence et de l'importance des Effets Externes; 2) Nos comportements et nos calculs économiques ne sont donc pas habitués à en tenir compte; 3) Dans un système concurrentiel le marché ne permet pas leur évaluation.

L'effet externe provient de certains frottements entre les diverses activités économiques, qui provoquent des désavantages ou des avantages marginaux non chiffrés par le marché. Les premiers frottements qui viennent à l'esprit sont ceux qui peuvent se produire *entre producteurs*, c'est pourquoi on a donné une première définition qui détermine une « *Economie externe technologique* », c'est-à-dire toute économie externe résultant d'une activité de production. Dès lors, le « *coût externe* » (c'est-à-dire non comptabilisé) est le coût supporté par l'entreprise A du fait de la conduite de l'entreprise B et que A n'aurait pas eu à supporter si B n'avait pas existé ou avait évité la survenance de cette gêne pour A (Scitovsky).

Mais cette définition est doublement restrictive; elle l'est au premier chef parce que, se limitant à une stratégie de concurrence ou de marché, elle néglige l'existence d'autres effets externes, ceux qui peuvent se produire de producteur à consommateur, ou de consommateur à producteur; en second lieu, les effets externes de producteur à producteur sont sans conteste les moins importants, les plus intenses et les plus nombreux étant ceux de producteur à consommateur. (Les effets externes de consommateur à consommateur sont plus rares et plus subtils car on peut dire qu'ils sont l'expression de conflits de bien-être; quant aux effets de consommateur-producteur, il s'agit d'un cas, sinon théorique, du moins négligeable).

En outre, comme l'a fait remarquer M. B. de JOUENEL, il est prématuré de parler de *coûts* externes. Car la notion de coût suppose l'engagement d'une dépense : or, précisément, on se trouve en présence de flux négatifs contre lesquels aucune dépense n'est engagée. Il est donc préférable de dire que le flux négatif provoque une *déséconomie externe*.

Toutefois, le vocable de *déséconomie externe* donne une acception négative générale au concept. Or, un effet externe peut également concerner un *avantage* non chiffré, tout aussi bien qu'un désavantage. C'est pourquoi, il vaut mieux parler d'*effets externes positifs* dans le premier cas et d'*effets externes négatifs* dans le second : « Le bruit des avions à réaction peut troubler le repos des personnes qui habitent aux alentours des aéroports. La fumée pollue l'atmosphère et les eaux industrielles, les cours d'eau... D'un autre côté, l'activité économique peut créer des avantages qui ne sont pas chiffrés... ces coûts et avantages non chiffrés sont le plus souvent appelés *effets externes* ou *externalités* » (10).

Ceci étant, on doit remarquer que le cas le plus répandu et qui fait l'objet de la plupart des études est celui des effets externes négatifs dans le sens production-consommateur; par exemple, la pollution par les eaux industrielles.

Quant aux effets externes négatifs de consommateur à consommateur, les plus criants sont évidemment ceux provoqués par l'automobile : encombrements, bruits, gaz d'échappements, risques d'accidents, etc...

Enfin, dans le but d'avoir une définition aussi précise que possible, il conviendra de distinguer :

— *Les effets externes réversibles*, c'est-à-dire fonction du taux d'activité (une réduction de l'activité d'une usine diminue l'émission des fumées, la non activité les fait disparaître).

— *Les effets externes irréversibles* subsistent quel que soit le taux d'activité (un site détérioré).

— *Les effets externes progressifs* dont les conséquences se feront sentir progressivement et s'inscriront fortement dans le futur.

— *Les effets externes immédiats* dont l'impact est immédiatement décelable.

Nous disposons alors d'un concept relativement clair et précis. Il reste à voir comment la théorie économique tente de l'intégrer.

(10) D. PEARCE et St. STURMEY. — Les effets externes et l'antagonisme entre bien-être individuel et bien-être collectif. (*Analyses et prévisions*, 1967, t. IV, p. 449).

2) BREF SURVOL DES ANALYSES ÉCONOMIQUES DES EFFETS EXTERNES.

La théorie classique de l'optimum (Pareto) établit que le système économique libéral tend vers un équilibre automatique et durable, auquel correspond un produit et un bien-être maximum. Tous nos calculs économiques sont fondés implicitement sur les hypothèses qui sous-tendent la théorie de l'optimum, en ce que nous persistons à nous référer à ce modèle en le modifiant plus ou moins pour tenir compte des conditions réelles ou supposées de la concurrence. Cette pratique implique deux hypothèses globales : 1) La réalisation d'un régime de concurrence parfaite approchée, 2) l'inexistence d'effets externes.

Nous ne discuterons pas de la première hypothèse car elle ne concerne pas directement notre propos. Au demeurant, il est parfaitement établi que la concurrence pure et parfaite, même approximative, est une construction de l'esprit et a des rapports de plus en plus lointains avec la réalité.

C'est la seconde hypothèse qui nous concerne. Nous savons à présent que des effets externes existent et nous savons les définir d'une manière suffisamment claire. Le grand problème des effets externes c'est justement leur « externalité » c'est-à-dire le fait que, situés *hors marché*, ils sont rejetés de la sphère économique parce que l'on n'est pas parvenu à les y « internaliser » c'est-à-dire à les comptabiliser.

Finalement, le problème des effets externes se résout par une double démarche : d'abord, déterminer leur existence et les définir, ensuite, les rendre comptabilisables pour les intégrer dans le calcul économique. *Seule cette intégration permettra la réalisation effective du bien-être maximum*, c'est-à-dire d'un optimum tenant compte de l'externalité en recherchant la maximisation des effets externes positifs nets. Tout calcul économique qui néglige le phénomène de l'externalité se trouve faussé. Toute politique économique qui ignore l'externalité est une politique de l'à-peu-près et ne peut prétendre à une maximisation véritable du bien-être individuel et collectif.

Le premier, PIGOU a montré que la maximisation de l'avantage privé incorpore les avantages externes nets (11). Il proposait leur « internalisation » par un système de subventions-impôts : soit à subventionner les industries créatrices d'effets externes positifs et imposer les entreprises émettrices d'effets externes négatifs. Cette solution implique alors : 1) l'action d'une autorité centrale, 2) une évaluation correcte du montant des impôts et subventions, 3) une détermination précise des agents sources ou victimes d'effets externes. (S'il est aisé de connaître les émetteurs et les victimes d'effets négatifs, il est beaucoup plus difficile de discerner les bénéficiaires d'un effet positif).

Les théories les plus récentes ont rejeté la solution de l'impôt comme ne pouvant conduire à une situation optimale, notamment parce qu'elle se maintient hors marché. On a donc proposé un retour au marché sous la forme de *stratégies de négociations et d'accords*. Si un agent subit un désavantage externe, il passera un accord avec celui qui le provoque pour que cesse cet effet. Toutefois, cette théorie a de nombreuses insuffisances :

— La négociation implique l'existence d'un régime de concurrence parfaite car les parties doivent être d'égale puissance,

— La négociation nécessite une volonté de négocier. Or, il se peut fort bien qu'un partenaire s'y refuse.

L'avantage est que la négociation évite le coût administratif de l'impôt.

Ces analyses ont le mérite de montrer :

1) Que l'optimum ne peut se réaliser que compte tenu des effets externes.

2) Qu'il peut exister un marché des effets externes.

3) Que leur internalisation est théoriquement possible ou du moins concevable.

4) Que cette internalisation nécessite une vue globale du phénomène par une autorité centrale (au moins en ce qui concerne la théorie de Pigou).

Mais elles présentent à nos yeux le grave inconvénient de se limiter en fait aux relations producteurs-

(11) A. C. PIGOU. — *The Economics of Welfare*. Londres, 1920.

producteurs et de négliger *l'aspect social* de l'externalité qui se manifeste notamment par les relations de producteur à consommateur. Toutefois, la problématique de l'optimum est reposée d'une façon élargie et débouche sur la notion de *coûts sociaux*; l'optimum n'est réalisable qu'en intégrant les coûts sociaux qui découlent des effets externes, et suppose donc résorbé l'antagonisme entre bien-être individuel et bien-être collectif.

3) LES EFFETS EXTERNES ET LES COÛTS SOCIAUX. L'AVANTAGE COLLECTIF.

L'analyse en termes d'optimum et de marché permet une position du problème de l'internalisation et met en relief la non-coïncidence de l'optimum économique classique avec l'optimum économique élargi (qui inclut l'ensemble des coûts sociaux). Le fait est, que par l'étude *technique* des effets externes, nous sommes mis en présence d'un *problème de civilisation* : Ou nous continuons à ignorer les phénomènes étudiés et nous demeurons dans une conception restreinte de l'Economie, ou nous en prenons acte et nous nous soucions de maximiser l'avantage collectif en complétant, par des ajustements appropriés, le jeu unique du marché qui n'est pas apte à résoudre la question d'une manière satisfaisante.

Sur le plan de la fin, cet avantage collectif est un critère plus vaste que l'optimum puisqu'il nous propose un certain style de civilisation par un élargissement de la notion du « rentable ». Il est admis comme économiquement et socialement « rentable » de maximiser les avantages externes nets.

Sur le plan des moyens, il faudra agir d'abord en marge du marché pour procéder à l'internalisation des effets externes, c'est-à-dire que cette action ne se conçoit que sur le plan *collectif* et coordonnée par une autorité centrale. C'est par une décision centralisée que s'opérera cette internalisation.

Qu'il le veuille ou non, l'économiste se trouve contraint de résorber collectivement les déséconomies externes, de raisonner en fonction d'une *rentabilité sociale globale*; par ce biais, son action est liée à une *finalité économique nouvelle*, non pas une finalité

qui se substitue aux autres finalités, mais une finalité spécifique qui d'ailleurs s'intègre dans le calcul même; car, tenir compte, dans le calcul économique, des éléments qui tissent cette finalité (c'est-à-dire les éléments jusqu'alors non-comptabilisés qui permettent la détermination d'un bien-être maximum), c'est intégrer dans le calcul même cette finalité. A cet égard, on peut noter que *l'économicité*, en ce domaine, intègre en soi la *réalisation d'une fin éthique*. L'économicité, moyen de réalisation de cette fin, est cette fin même en devenir. Dès lors que l'économique admet la nécessité de la couverture des coûts de l'homme (et nous avons vu que les faits le lui imposent) elle acquiert ipso facto une résonnance éthique nouvelle : « Il faut voir dans l'intérêt porté aux effets externes une préoccupation plus vaste : l'analyse de l'activité économique sur le plan collectif et non plus seulement individuel » (12).

Comment se pose le problème de l'avantage collectif ?

Par définition, l'économiste cherche à déterminer dans quelles conditions il est possible de maximiser le produit d'une société. Mais il reste à faire la liaison entre le produit et le bien-être qui en découle. Maximiser le produit ne revient pas forcément à maximiser les satisfactions qui doivent en résulter, cette seconde maximisation pouvant être plus ou moins que proportionnelle à la première. Du fait de l'existence d'effets externes non comptabilisés on a de bonne raisons d'estimer que le bien-être qui provient du produit social, est inférieur à ce qu'il devrait être si l'on s'était soucié de maximiser l'avantage externe net. Par conséquent, la finalité économique n'est plus le maximum de produit, mais le maximum *d'avantages*. Résorber les effets externes négatifs c'est-à-dire les coûts sociaux qui en découlent, c'est donc tendre vers un avantage collectif maximum.

A partir du moment où les problèmes techniques d'internalisation, c'est-à-dire de compatibilisation de ces coûts sont résolus, il n'y a pas de raisons pour maintenir ces coûts hors du calcul économique. L'économicité doit intégrer les coûts sociaux.

(12) D. PEARCE et St. STURMEY. — *op. cit.* p. 501.

Nous parlons de coûts sociaux, car, bien que l'effet externe ne se reflète pas dans le mécanisme des prix, « ... il n'existe aucune différence de *nature* entre l'effet externe et n'importe quelle activité qui modifie le bien-être » (13). Les auteurs cités font remarquer, qu'au fond, tous les coûts sont des coûts sociaux : le travail est un coût social en dédommagement duquel est versé un salaire; la pollution de l'air par une cheminée d'usine est également un coût social, mais dans ce cas aucun dédommagement n'est payé; « l'absence de flux monétaire dans le second cas ne tient pas à une différence de nature de ces coûts. Le fait qu'il y ait dédommagement dans un cas et non dans l'autre, n'est que la manifestation d'une convention sociale » (14). D'ailleurs, le salaire n'est qu'une approximation de la désutilité du travail subie par le travailleur; pourquoi alors ne pas évaluer ces autres coûts sociaux que sont les externalités ?

Nous aboutissons donc, sous une forme différente, à une reformulation du même problème : *Elargir l'économicité par internalisation de cette catégorie particulière de coûts sociaux que constituent les effets externes, ceci étant, on sera à même de procéder à la maximisation de l'avantage collectif.*

D. PEARCE et St. STURMEY, dans l'article déjà cité, ont tenté de clarifier le problème de l'avantage collectif en posant un certain nombre d'identités qui montrent parfaitement les divers éléments dont il faut tenir compte. Ils partent du fait que les effets externes ne recouvrent pas l'ensemble des coûts et avantages sociaux car ils ne concernent que ceux qui ne donnent pas lieu à dédommagement.

a) *Du côté des coûts*, si l'on a :

Cs = Ensemble des coûts sociaux

Ks = Coûts sociaux dédommagés (salaire par ex.)

Ucs = Coûts sociaux non dédommagés

on peut écrire :

$$Cs = Kcs + Ucs$$

Mais un coût social donnant lieu à dédommagement peut être dédommagé plus qu'il ne le devrait : c'est le phénomène de la *Rente* « quand un input est rémunéré de telle manière que le dédommagement dépasse le coût social direct, on dit qu'il perçoit une rente. Dans le cas inverse, il est exploité » (15). La rente est un avantage social positif ou un coût social négatif, c'est ainsi que nous la prendrons.

Si l'on pose alors :

Cp = Coûts privés (qui remplace Kcs)

Ecs = Effets externes négatifs

e = éléments d'exploitation

r = rente

En remplaçant Ucs par Ecs + e - r, on a :

$$Cs = Cp + Ecs + e - r \quad (1)$$

b) *Du côté des avantages sociaux*, en écrivant :

Bp = Avantages privés

NBs = Avantages sociaux non-appropriés (avantages externes)

Bs = Total des avantages

on a :

$$Bs = Bp + NBs \quad (2)$$

On peut ventiler les avantages sociaux non appropriés (NBs) entre les effets externes positifs (EBs) et la rente du consommateur (c) qui, lorsqu'elle se manifeste, représente un avantage social non chiffré. soit

$$NBs = EBs + C$$

En reportant dans (2) :

$$Bs = Bp + EBs + c \quad (3)$$

c) *Le but de la politique économique étant de maximiser le produit social c'est-à-dire les avantages sociaux nets Bs-Cs,*

la différence (3) — (1) nous donne

$$Bs - Cs = (Bp - Cp) + (Ebs - Ecs) + r + c - e \quad (4)$$

(13) D. PEARCE et St. STURMEY. — *op. cit.* p. 502.

(14) *id.* p. 502.

(15) D. PEARCE et St. STURMEY. — *op. cit.* p. 503.

L'équation (4) nous donne donc une définition claire de l'avantage à maximiser et les éléments qui doivent entrer dans son calcul :

— Les avantages privés (B_p), les coûts privés (C_p), les effets externes positifs (EBs), les effets externes négatifs (ECs), les rentes (r), les éléments d'exploitation (e) et la rente du consommateur (c).

En ce qui concerne ces trois derniers éléments : r , e , c , les auteurs les estiment négligeables et en tout cas difficiles à évaluer (par exemple, l'élément e est réduit du fait de la protection des salaires). Toutefois, si leur importance venait à croître, il faudrait les inclure dans le calcul.

Nous voyons donc que la prise en compte des Effets Externes, non seulement pousse à une nouvelle formulation du principe économique, mais en plus, implique un considérable élargissement du champ de la Science Economique. Nous pensons que cet état de fait, extrêmement positif, procède pour une large part du dialogue entre l'Écologie et l'Économie et que, plus ce dialogue s'amplifiera, plus l'Économie y gagnera. Si l'Économie est la Science du Bien-être, elle deviendra alors la Science du Mieux-être et du Plus-être. Le gagnant c'est l'Homme.

CONCLUSION : VERS UN ELARGISSEMENT DE L'ECONOMICITE

Cette nouvelle formulation du principe économique signifie un élargissement de l'*Economicité*.

Par *Economicité*, nous entendons le caractère rationnel du raisonnement et de l'action proprement économiques : disons que l'*economicité* est la rationalité au sens économique. Par extension, le terme désigne ce qui revêt un caractère spécifiquement économique et touche au calcul et à la décision. L'*economicité* recouvre donc traditionnellement les comportements qui se situent dans le cadre du Marché.

Sur le plan *Micro-Economique*, la théorie marginaliste des choix et décisions des agents économiques, consommateurs et producteurs, constitue une représentation idéale de la rationalité économique dont

l'« *Homo-œconomicus* » est l'idéal-type du sujet économique (au sens de Max Weber). Cette rationalité peut revêtir des caractères plus ou moins variables selon les analyses et les écoles (Utilitarisme, Marginalisme, etc...).

Sur le plan *Macro-Economique*, l'*Economicité* globale d'un système ou d'un modèle, se manifeste par l'équilibre général des marchés résultant des comportements individuels. Si l'on se détache du schéma de concurrence parfaite, on pourra dire que l'équilibre, ou la tendance à l'équilibre global, procède de la cohérence finale des divers programmes économiques entre eux, ceux des individus, des groupes et de l'Etat.

Finalement, l'*Economicité* est la manifestation d'un certain type de calcul, le *calcul économique*, qui s'effectue 1) à partir de composantes spécifiques, 2) au cadre individuel, 3) sur un marché, 4) le plus souvent dans le court terme.

Ceci étant, en quoi peut-on parler d'un élargissement de l'Economicité ? La théorie et le calcul économique ont négligé un certain nombre d'éléments qui, au même titre que ceux traditionnellement employés, entrent dans la détermination du bien-être (v. *supra*, conception élargie des coûts sociaux). Par conséquent, la prise en compte de ces éléments jusqu'ici délaissés modifie sensiblement le calcul et le comportement économiques. C'est pourquoi, l'*Economicité*, ainsi complétée, se trouve élargie en ce qu'elle déborde ses cadres habituels, notamment la sphère strictement mercantile du marché. En effet, la nature des éléments nouveaux à intégrer dans le calcul économique fait qu'ils ne peuvent s'assimiler au marché concurrentiel, d'où leur caractère « externe ». L'*internalisation* des effets externes ne peut dès lors s'effectuer que par une action et un calcul hors marché (par exemple par l'analyse Avantages-Coûts). En outre, les externalités étant un élément essentiel du bien-être collectif, leur internalisation absorbe certaines formes de l'antagonisme entre le bien-être individuel et le bien-être collectif. Par suite, l'*Economicité* est transposée au plan global. Enfin, le problème de l'avantage collectif, ainsi posé, doit se résoudre non seulement au plan global, mais éga-

lement par une action à long terme en fonction d'un calcul prospectif; l'Economicité s'étend alors dans le temps. Signalons, à cet égard, que si l'intensification des pollutions et l'aggravation des détériorations dans la biosphère nous ménagent des lendemains qui pleurent, c'est l'Ecologie qui, seule est à même de prévoir ces lendemains. C'est donc bien ici par la rencontre de l'Ecologie et de l'Economie que l'Economicité se lie au futur.

Finalement, l'Ecologie met l'Economiste en face d'une notion neuve : le *qualitatif*. Toute action économique partielle ou globale doit préserver la qualité de l'environnement naturel et artificiel. Ce souci de la qualité du milieu comme élément essentiel du bien-être est entièrement nouveau pour l'Economiste, dont les modes de calculs, habitués à comptabiliser des données objectives immédiatement saisissables, c'est-à-dire monétairement mesurables, doivent maintenant être à même de comptabiliser des coûts et avantages externes médiatement saisissables et non mesurables monétairement. Comme tout calcul économique doit pouvoir se baser sur des données quantifiables, et que l'étalon des valeurs et des mesures en Economie est constitué par la monnaie, la recherche actuelle doit s'orienter vers une certaine *quantification du qualitatif*. Par exemple, comment mesurer le coût du bruit, donc l'avantage qu'il y

aurait à le réduire, donc la rentabilité économique des investissements à mettre en œuvre à cette fin ?

Comme l'écrit M. H. BARTOLI, « Faire du profit la régulation de l'activité économique est admettre que l'opération la plus utile pour la collectivité est celle qui rapporte monétairement le plus » (16), et M. PERROUX marque que « l'Economie de tout l'Homme et de tous les hommes n'a pas été maîtrisée par les schémas de l'Economie mercantile. Le monde économique n'a jamais été et ne sera vraisemblablement jamais un réseau d'échanges onéreux » (17). Le marché n'a pas capacité de concevoir ni de dominer le problème global des relations Homme-Environnement. Sa fonction est vaste mais précise et limitée, c'est-à-dire la sécrétion du *plus*, la production et la répartition de l'avoir. Le verdict du marché est donc une partie du verdict de l'ensemble des faits qui induisent le principe économique général. Le verdict global des faits, que l'Ecologie contribue à nous faire connaître, nous commande, à côté du « plus », la recherche du « mieux ». La redéfinition de la sphère économique procède de la synthèse entre le verdict global des faits et le verdict partiel du marché.

(16) Science économique et Travail. Paris, Dalloz, 1957, p. 57.

(17) *op. cit.* p. 320.

Les virements par chèques postaux ou bancaires doivent être faits impersonnellement à M. le Trésorier de la Société Française d'Ecologie, 61 rue de Buffon, Paris-V*. C.C.P. 30-279-62, La Source.

ÉCOLOGIE DES SCOLYTIDAE

par C. CHARARAS

La famille des *Scolytidae* réunit des insectes que certains caractères morphologiques et anatomiques (proventricule, cryptonéphridisme, tentorium) rapprochent phylogénétiquement des *Curculionidae*, comme nous l'avons démontré pour divers *Hylastes* qui s'apparentent à certains *Rhyncholus*.

Au sein de la sub-famille des *Scolytinae*, les genres *Scolytus*, *Leperesinus* et *Hylesinus* s'attaquent aux feuillus alors que la sub-famille des *Ipinae* (genres *Ips*, *Orthotomicus*, *Cryphalus*, *Pityogenes* et *Pityokteines* entre autres) montre une stricte spécificité pour les conifères. En toute hypothèse, il s'agit d'espèces qui vivent dans l'épaisseur de l'écorce et du liber, parfois dans l'aubier et le xylème; leur nutrition repose donc sur les glucides solubles présents dans les différents tissus des arbres attaqués; signalons toutefois que chez certaines espèces la nutrition est liée à la présence de Cryptogames du genre *Ambrosia* comme c'est le cas des *Xyloterus*, des *Xyleborus* et des *Anisandrus*.

Du point de vue biogéographique, certains *Scolytidae* se caractérisent par une très large extension; parmi ceux que l'on rencontre en France, en Europe occidentale, en Europe centrale et en Europe méridionale, de nombreuses espèces sont connues également en Europe orientale et certaines même jusqu'en Sibérie et au Japon.

Les *Scolytidae* des régions alpines ont suivi l'extension des essences résineuses, telles que *Pinus sylvestris* L., *Picea excelsa* Link., divers *Abies* et *Larix*, qui sont parasitées par différentes espèces d'*Ips*, de *Cryphalus* et de *Pityokteines*. De nombreuses espèces vivant aux dépens des essences d'Europe occidentale et centrale se retrouvent en

Europe orientale et sont même devenues parfois spécifiques des conifères du Proche-Orient et du Moyen-Orient.

C'est ainsi par exemple que nous avons signalé *Pityokteines spinidens* Reit. et *P. curvidens* Germ. sur *Abies cephalonica* Loud. dans diverses régions de Grèce, en particulier dans les montagnes du Péloponèse et au Mont Parnis (Attique). Nous avons également observé ces espèces sur *Picea orientalis* Carr. dans le Nord-Est de l'Anatolie (Artvin) ainsi que sur *Abies bornmulleriana* Mattf. dans le Nord-Ouest de l'Anatolie (Bolu). Ces observations démontrent bien que l'extension des *Scolytidae* est directement influencée par les conditions écologiques et leur adaptation liée aux essences qui constituent leurs hôtes préférentiels.

Un autre exemple nous en est fourni par *Pityogenes* (*Pityoceragenes*) *bistridentatus* Eichh., espèce parasite des peuplements de montagne. Cette espèce a cependant été signalée en Grèce, dans le Péloponèse, à une altitude de 950 m, sous un climat présentant une période sèche, alors qu'en France elle se trouve soumise à des conditions écologiques profondément différentes en raison de son habitat montagnard.

D'autres espèces sont également considérées comme appartenant au type de la grande sylve boréale, tel *Xylechinus pilosus* Ratz., insecte dont l'existence est liée aux vastes forêts de résineux de l'Europe centrale et septentrionale (Allemagne, Suisse, Tyrol, Scandinavie), de la Russie et de la Sibérie. En Europe occidentale, la seule localisation connue de cette espèce était la Charente jusqu'à l'époque où nous l'avons trouvée pour la première fois à Sixt (Haute-Savoie, CHARARAS, 1956); TREDL (1907) la

signale pourtant en Grèce où nous n'avons jamais réussi à la retrouver.

Orthotomicus erosus Woll. constitue l'exemple même des insectes à large répartition puisqu'il est répandu dans toute l'Europe centrale et méridionale ainsi qu'en Afrique du Nord; pour notre part, nous le connaissons comme parasite de *Pinus halepensis* Mill., de *P. brutia* Ten. et de *P. nigra* Arno en Grèce, de *P. silvestris* L., de *P. nigra* Arno, de *P. brutia* Ten et de *P. pinea* L. en Turquie mais nous l'avons également décelé sur *Cedrus libani* Barr. dans le Mont Taurus; il s'agit là d'une adaptation écologique typique accompagnée d'un changement de l'hôte préférentiel (*Pinus*) au profit de *Cedrus* (CHARARAS, 1963 et 1964).

Il en va de même pour les *Scolytidae* appartenant à l'élément méditerranéen, c'est-à-dire les *Scolytidae* qui vivent sur le littoral ou à très basse altitude et dont plusieurs espèces s'éloignent des forêts méditerranéennes typiques. La notion de stricte localisation des *Scolytidae* dans un secteur, une zone ou un étage de végétation déterminés n'a de valeur que pour quelques espèces comme par exemple *Phloeosinus armatus* Reit. que nous avons découvert pour la première fois dans la zone littorale en Grèce (Thessalie) et en Turquie (Istanbul, Izmit, Izmir).

Parmi les espèces à très large répartition biogéographique, nous citerons encore l'exemple de *Blastophagus piniperda* L. qui est connu un peu partout en France dans les forêts de conifères (régions de montagne, zone méditerranéenne) et qui est signalé par SAALAS en Amérique du Nord, en Europe méridionale et centrale, dans les Îles britanniques, au Danemark, en Suède, en Norvège, dans les Provinces Baltiques, en Sibérie arctique, dans l'Ouest et l'Est Sibérien, jusqu'au Japon et que nous avons trouvé en Tunisie (Tabarka et Dorsale tunisienne).

Par contre, certaines espèces américaines se caractérisent par une aire beaucoup plus restreinte comme par exemple *Dendroctonus brevicornis* Leconte et *D. monticolae* Hopk. (Californie, Washington, Oregon) ou comme *Dendroctonus ponderosa* Hopk. (Arizona, Colorado, Nouveau-Mexique, Utah). Les différents *Dendroctonus* américains, dont certains

font preuve d'une grande nocivité pour les forêts de conifères, n'ont pas gagné l'Europe; le seul représentant en Europe, *Dendroctonus micans* Kug. s'est étendu progressivement depuis nos forêts des Alpes et du Jura jusque dans le Morvan où nous l'avons observé pour la première fois en 1960.

PLANTE-HÔTE ET SPÉCIFICITÉ

L'étude de la spécificité que manifestent les *Scolytidae* pour leur nutrition et leur ponte conduit à distinguer différents groupes écologiques.

Certaines espèces font preuve d'une large polyphagie puisqu'elles s'attaquent à de nombreuses essences appartenant à des groupes botaniques aussi différents que les feuillus et les conifères; ces espèces très polyphages sont donc capables de pratiquer leur nutrition et leur ponte sur des essences profondément différentes du point de vue de leur constitution biochimique. Chez les conifères (*Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Cupressus*), les constituants glucidiques du suc cortical du liber et de l'aubier, c'est-à-dire de la zone où s'effectuent la ponte et la nutrition, se trouvent accompagnés d'huiles essentielles contenues dans les poches résinifères. Ces huiles essentielles se caractérisent par la présence de différents corps volatils, tels que l' α -pinène, le β -pinène, le Δ^3 -carène, le phéllandène, le limonène, l'acétate de bornyl et divers alcools terpéniques; tous ces corps sont absents chez les feuillus à quelques rares exceptions près, *Laurus nobilis* (Lauracées) ainsi que diverses Myrtacées, qui contiennent certains constituants terpéniques.

Un second type de polyphagie permet de différencier les insectes parasites exclusifs des feuillus, des espèces qui vivent uniquement aux dépens des conifères mais sans marquer de préférence pour les *Pinus*, les *Abies*, les *Picea* ou les *Larix*; il s'agit dans ce cas d'une spécificité plus étroite puisqu'elle se limite à un groupe botanique déterminé (les feuillus ou les conifères).

Enfin, les espèces formant la dernière catégorie manifestent au sein d'un même groupe botanique — en l'occurrence les conifères — une spécificité certaine pour un genre déterminé, par exemple les *Cupressus*, les *Cedrus* ou les *Pinus*; soulignons que cette stricte monophagie reste l'apanage de très rares espèces.

1. ESPÈCES A LARGE POLYPHAGIE (feuillus et conifères).

Hypothenemus aspericollis Woll., qui jouit d'ailleurs d'une large répartition géographique, est une espèce remarquablement polyphage puisqu'elle s'attaque au figuier, au platane, à l'aulne, au pècher, au châtaignier, au citronnier, au frêne, au géranium, au lierre, au mûrier, au pistachier, au prunier, au robinier et même aux conifères, notamment *Pinus* et *Cryptomeria japonica* (BALACHOWSKY, 1949).

Parmi les espèces à large polyphagie, il faut citer *Xyloterus domesticus* L. qui a été signalé sur diverses essences résineuses et feuillues. Il en est de même de *Xyleborus saxeseni* Ratz. qui se caractérise également par sa très vaste extension biogéographique dans toute l'Europe et en Asie Mineure jusqu'au Caucase; tout en s'attaquant à de nombreuses essences feuillues, cette espèce peut évoluer sur différents conifères (*Pinus silvestris* L. et *Cedrus*). Nous l'avons par ailleurs trouvée dans le Sud de l'Anatolie sur *Liquidambar orientalis* Mill. dont la sécrétion de styrax donne au spectre d'odeurs de l'écorce et du xylème un aspect profondément différent du spectre des autres essences résineuses ou feuillues qui constituent les hôtes habituels de *Xyleborus saxeseni* Ratz. (CHARARAS, 1965).

Les sécrétions de styrax se sont montrées répulsives et toxiques lors de toutes nos expériences mais au stade de déséquilibre physiologique *Liquidambar* ne sécrète plus qu'une très faible quantité de styrax et l'insecte peut alors attaquer cette essence, creuser sa galerie de ponte et déposer ses œufs tandis que d'autres Scolytidae spécifiques des conifères (comme par exemple *Pityokteines curvidens* Germ.) n'ont pu pratiquer ni nutrition ni ponte sur cette essence.

Ce type de polyphagie s'observe encore chez *Anisandrus dispar* Fabr. qui parasite de très nombreuses espèces de feuillus et qui a été signalé également sur des conifères.

2. ESPÈCES SPÉCIFIQUES DES FEUILLUS.

a) Parasites polyphages des plantes ligneuses.

Dans cette catégorie se classent de nombreux insectes du genre *Scolytus*, tel *Scolytus mediterraneus* Eggers commun sur divers feuillus (cerisier, poirier et Rosacées en général) ou *Scolytus pygmaeus* Fabr., parasite de l'Orme mais aussi de *Carpinus* et de *Fagus*. Loin d'être l'apanage des *Scolytus*, cette polyphagie se retrouve chez d'autres genres, en particulier chez les *Hylesinus* (*H. oleiperda* Fabr.) et chez les *Leperesinus* (*L. fraxini* Panz.) qui s'attaquent à des essences feuillues aussi variées que *Fraxinus*, *Quercus* et *Fagus* pour ne citer que les plus courantes.

Il s'agit donc d'insectes très plastiques du point de vue du préférendum alimentaire puisque les constituants biochimiques des végétaux diffèrent notablement d'une essence à l'autre; ainsi par exemple la fraxidine présente chez certaines essences (*Fraxinus*) s'efface chez d'autres au profit de la quercitine (*Quercus*).

b) Espèces non spécifiques des plantes ligneuses.

Ce sont des espèces qui, tout en s'attaquant à certaines plantes ligneuses, peuvent également évoluer sur des plantes herbacées comme c'est le cas d'*Hylastinus obscurus* Marsh. qui vit sur diverses Légumineuses (*Trifolium* entre autres). Nous notons chez cette espèce une adaptation très nette aux caractéristiques qu'offrent les plantes herbacées; dans ce cas en effet la nutrition s'effectue sur le collet ou les racines et le nombre d'œufs se réduit sensiblement (5 à 10 selon BALACHOWSKY) ce qui démontre bien l'adaptation de l'insecte à la vie sur des tiges de faible diamètre. Diverses espèces du genre *Thamnurgus* font preuve d'une même faculté d'adaptation en pratiquant leur nutrition et leur ponte sur les tiges de différentes Labiacées.

c) Monophagie chez les parasites spécifiques des feuillus.

Les *Scolytidae* n'offrent que peu d'exemples de stricte monophagie. Cependant, *Leperesinus ornatus* Fuchs. vit sur *Fraxinus ornus* L. et *F. excelsior* L., *Pteleobius vittatus* Fabr. est inféodé aux différentes espèces d'ormes et *Kissophagus hederæ* Schmidt s'observe exclusivement sur *Hedera helix* L. Il s'agit bien là d'exemples de stricte monophagie mais il faut reconnaître que le stimulus olfactif et le préférendum de ponte de ces espèces nous sont encore inconnus car leur biologie n'a jamais été étudiée sous cet angle. De façon plus générale, soulignons qu'aucune de ces espèces étroitement inféodées aux essences feuillues ou aux plantes herbacées ne se rencontre sur des essences résineuses.

3. POLYPHAGIE ET MONOPHAGIE DES SCOLYTIDAE DES CONIFÈRES.

La majorité des espèces sont polyphages car l'adaptation des *Scolytidae* sur de multiples essences résineuses constitue un phénomène très général. De nombreuses espèces vivent en effet indifféremment sur *Pinus*, *Picea*, *Abies* ou *Larix*, comme *Pityogenes chalcographus* L., *Ips typographus* L., *Ips amitinus* Eichh. et *Ips cembrae* Heer. parmi bien d'autres.

Pour certaines espèces, on connaît en dehors de l'hôte préférentiel différentes essences-hôtes parfois très variées; c'est ainsi qu'*Ips typographus* L. dont l'hôte préférentiel est sans conteste *Picea excelsa* Link. se rencontre sur les *Pinus*, notamment *P. silvestris* L.; KUHN le signale également sur *Picea obovata* Ledeb., *Picea ajanensis* Fisch., *Pinus koraiensis* S. et Z., *Larix dahurica* Turcz., *Abies alba* Mill., *Pinus pinea* L., *Picea orientalis* Carr. et *Picea omorica* Panc.

De même, *Ips sexdentatus* Boern. est un insecte bien connu en France, à Fontainebleau et dans les Landes où il s'attaque à *Pinus silvestris* L. et à *Pinus pinaster* Sol. Jouissant d'une large répartition géographique, qui englobe toute l'Europe, la Turquie et la

Sibérie, l'insecte a réussi à s'adapter en Turquie sur *Pinus silvestris* L. et *Picea orientalis* Carr. et par voie d'infection expérimentale nous avons pu obtenir son installation sur des essences qui ne constituent pas pour cette espèce des hôtes habituels: *Pinus excelsa* Wall., *Pinus strobus* L. et *Abies nordmanniana* Spach. (CHARARAS, 1967).

Tout comme les *Ips*, divers *Pityokteines* possèdent un remarquable potentiel d'adaptation, aussi bien pour leur nutrition que pour leur ponte puisque *P. curvidens* Germ. est connu sur douze essences résineuses: *Abies alba* Mill., *Abies bornmulleriana* Matff., *Abies cephalonica* Link., *Abies fraseri* Lindl., *Abies nordmanniana* Spach., *Abies sibirica* Ledeb., *Larix decidua* Mill., *Picea excelsa* Link., *Pinus silvestris* L., *Pinus strobus* L., *Cedrus libani* Barr. et *Pseudotsuga taxifolia* Brit. (MAKSYMOW). Lors de nos recherches en Turquie, nous l'avons retrouvé sur *Abies nordmanniana* Spach. dans le Nord de l'Anatolie où nous avons également observé son évolution sur *Picea orientalis* Carr., *Abies cilicica* Carr. et *Abies Equi Trojani* Ascherson et Sintenis, essences qui ne comptent pas au nombre de ses plantes-hôtes habituelles.

Ces quelques exemples permettent de reconnaître à certains insectes une faculté d'adaptation sur de nombreux conifères; cette adaptation constitue d'ailleurs un phénomène général pour les *Scolytidae* qui ont suivi l'extension des conifères dans les différentes parties du monde (Europe centrale, Europe orientale jusqu'en Sibérie, Caucase, Asie) ce qui les a conduits à s'adapter à de nouvelles essences.

Le cas de *Crypturgus pusillus* Gyll. nous fournit sur ce point un exemple remarquable. Parasite secondaire s'attaquant uniquement à des arbres morts ou déjà attaqués par d'autres *Scolytidae* (*Ips typographus* L., *Pityogenes chalcographus* L., *Blastophagus pini-perda* L.), cet insecte fait preuve d'une très large polyphagie puisqu'il vit indifféremment, en Europe, sur *Abies alba* Mill., *Picea excelsa* Link., *Pinus* et *Larix*, alors que dans le Nord-Ouest de l'Himalaya il est connu sur *Picea excelsa* Link. et *Picea morinda* Link., d'ailleurs fréquemment associé à *Polygraphus pini* Steb. (STEBBING).

Des exemples analogues se retrouvent chez les espèces américaines avec *Dendroctonus brevicornis* Leconte (parasite de *Pinus ponderosa* Dougl. et *Pinus lambertiana* Dougl.) et *Dendroctonus barberi* Hopk. qui vit aux dépens de *Pinus ponderosa* Dougl., *Pinus edulis* Endl. et *Pseudotsuga taxifolia* Brit.; on sait également d'après HOPKINS que *Pinus rigida* Mill., *Pinus virginiana* Mill., *Pinus pungens* Lamb., *Pinus echinata* Mill., *Pinus glabra* Walt., *Pinus palustris* Mill. et *Picea rubens* Sarg. sont tous attaqués par *Dendroctonus frontalis* Zim. Il est même assez curieux de constater que certaines espèces tirant leur nom d'un genre botanique déterminé parasitent aussi bien d'autres essences; c'est ainsi par exemple que *Dendroctonus pseudotsuga* Hopk. vit aux dépens de *Pseudotsuga taxifolia* Brit. et de *Pseudotsuga macrocarpa* Mayr. mais s'attaque également aux *Larix*, notamment à *Larix occidentalis* Nutt.

Des cas de large polyphagie sont encore signalés chez les Scolytidae de l'Himalaya, parmi lesquels nous pouvons indiquer ici l'exemple de *Polygraphus major* Steb. que l'on rencontre sur *Picea excelsa* Link. et *Cedrus deodara* Loud. dans le Nord-Ouest de l'Himalaya.

A l'opposé de toutes ces espèces polyphages, certains Scolytidae marquent une préférence exclusive pour un ou plusieurs genres botaniques bien déterminés, comme par exemple *Phloeosinus bicolor* Brull. et *Phloeosinus thuyae* Pcr. pour les genres *Cupressus*, *Thuja* et *Juniperus*; *Phloeosinus armatus* Reit. se montre encore plus spécifique puisque nous ne l'avons trouvé jusqu'ici que sur des *Cupressus*, aussi bien en Grèce (Thessalie) qu'en Turquie (Istamboul, Izmir; 1964).

Il existe pourtant des spécificités plus étroites encore qui constituent alors des cas de monophagie typique; les espèces himalayennes nous en donnent des exemples frappants avec *Cryphalus deodara* Steb. sur *Cedrus deodara* Loud., *Cryphalus longifolia* Steb. sur *Pinus longifolia* Steb., *Cryphalus morinda* Steb. sur *Picea morinda* Link et *Polygraphus longifolia* Steb. sur *Pinus longifolia* Roxb. Il ne s'agit là que d'observations disparates car le phénomène de stricte monophagie n'a pas été intégré dans une étude d'ensemble du préférendum.

A côté des différents aspects du préférendum que nous venons de rappeler rapidement, nous nous devons également de signaler ici que dans un secteur déterminé certains Scolytidae s'attaquent principalement à une essence résineuse mais occasionnellement à d'autres; ainsi par exemple, d'après HUSSON et STAUDER, *Dendroctonus micans* Kug. montre une spécificité certaine pour *Picea excelsa* Link. dans la région d'Hellendorf où il se rencontre parfois sur *Picea suchensis* Carr. alors que les *Pinus* et plus encore les *Abies* ne sont qu'exceptionnellement attaqués.

En présence de toutes ces observations, la question de l'attractivité exercée par les conifères à l'égard des Scolytidae nous a préoccupé dès 1956, époque à laquelle nous avons pu mettre en évidence le rôle des constituants volatils des huiles essentielles.

ETUDE DU SPECTRE D'ODEURS ET DE L'INSTALLATION DES SCOLYTIDAE

Dès 1951, l'étude du comportement de certains Scolytidae en Grèce nous a permis de constater que *Pityokteines curvidens* Germ. manifeste une préférence marquée pour *Abies cephalonica* Loud. mais s'installe également sur divers autres *Abies* (formes géographiques ou hybrides comme *A. Borissi Regis* Mattf.). Les infections expérimentales réalisées sur des essences introduites et notamment sur des *Cedrus* nous ont donné des résultats positifs tout en faisant ressortir très nettement l'attraction prédominante des *Abies*.

Sans possibilité de procéder, à l'époque, à l'analyse des constituants volatils, ce n'est qu'en 1956 que nous avons entrepris cette analyse par chromatographie en phase gazeuse puis avec les osmophiles BERTON qui présentent le grand avantage de déterminer directement le spectre des exhalaisons émanant de l'écorce, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des extractions distillées qui risquent de modifier la composition des constituants.

Certains chercheurs, dont MERKER (1955), prétendaient alors que tous les constituants terpéniques

ont un effet répulsif sur les *Scolytidae* tandis que d'autres comme SMITH (1966) leur attribuaient même un pouvoir toxique; cette toxicité peut en effet s'observer en atmosphère close (CHARARAS, 1967) mais dans les conditions naturelles il est à noter que les principaux corps terpéniques (α -pinène, β -pinène, Δ_3 -carène, phéllandrène) se retrouvent chez différents conifères dont la composition varie d'une essence à l'autre. Certaines espèces sont riches en α -pinène (*Pinus halepensis* Mill. 95 %), alors que d'autres contiennent du phéllandrène à des concentrations très élevées, de l'ordre de 35 à 40 % chez *Pinus coulteri* Don.; *Pinus longifolia* Roxb. se compose essentiellement d' α -pinène, de β -pinène, de Δ_8 -carène et de longifolène tandis que les diverses provenances de *Pinus ponderosa* Dougl. associent l' α -pinène, le β -pinène et le limonène; enfin, le dipentène, le terpinéol et le camphène, plus rares, se rencontrent cependant chez certains conifères. Précisons toutefois que selon le degré de vitalité de l'arbre ces corps subissent des modifications diverses (oxydations ou polymérisations) et c'est ainsi par exemple que l' α -pinène se transforme en verbénone sous la double action de l'humidité et de l'air (CHARARAS et DESCHAMPS, 1960).

Des expériences réalisées dans les conditions naturelles au moyen de pièges attractifs, il ressort que l' α -pinène, le β -pinène et le terpinéol, nettement répulsifs à forte concentration, se montrent attractifs pour *Ips typographus* L. et *Hylurgops palliatus* Gyll. lorsqu'ils sont employés sous une faible concentration, de l'ordre de 2 à 3 %/100 (CHARARAS, 1958). A cette dilution, l'attractivité de ces composants terpéniques est constante, qu'ils soient utilisés seuls ou en mélange à proportions égales, alors que dans les mêmes conditions le n-undécane, le camphène et le bornéol ont toujours provoqué une très nette répulsion (CHARARAS, 1958, 1962).

L'étude de l'olfaction chez divers *Scolytidae*, notamment *Ips typographus* L., *Ips sexdentatus* Boern., *Blastophagus piniperda* L. et *Pityokteines curvidens* Germ. (CHARARAS, 1958, 1960, 1962, 1967 et 1968) nous a permis de mettre en évidence le rôle des constituants terpéniques dans l'installation et l'adaptation des *Scolytidae* sur des conifères dont

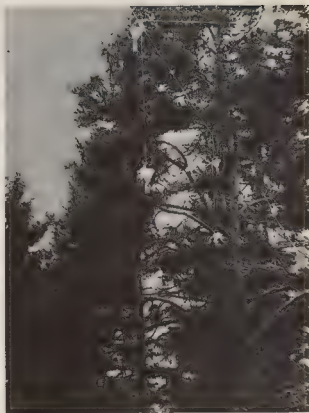


FIGURE 1

Dispositif expérimental utilisé pour tester dans les conditions naturelles l'attraction chimique et sexuelle chez divers *Scolytidae*. Les substances attractives ont été placées au fond du tube et la face interne de l'entonnoir badigeonnée avec une substance adhésive inodore. Les insectes attirés sont tombés au fond du tube ou se sont collés sur la paroi interne de l'entonnoir.

le spectre d'odeurs varie d'une essence à l'autre. Ainsi, en étudiant expérimentalement le préférendum de *Blastophagus piniperda* L. qui vit habituellement sur *Pinus silvestris* L., *Pinus pinaster* Sol. et *Pinus pinea* L., nous avons réussi à obtenir son installation sur des essences qui n'ont pas constitué jusqu'ici des biotopes naturels.

A la suite de leurs recherches sur *Blastophagus piniperda* L., KANGAS et PERTTUNEN attribuent de leur côté une attractivité au terpinéol et une répulsivité au β -pinène, au Δ_8 -carène et au 1-limonène mais leurs tests ont été réalisés en laboratoire au moyen d'olfactomètres qui introduisent un facteur clinotactique et une saturation de l'atmosphère en

Répartition préférentielle de *Blastophagus piniperda* L. sur différents *Pinus*.

Morsures de nutrition sur Evolution initiale sur	<i>Pinus pinaster</i> Sol.	<i>Pinus silvestris</i> L.	<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pinus rigida</i> Mill.	<i>Pinus taeda</i> L.	<i>Pinus ponderosa</i> Dougl.	<i>Pinus sabiniana</i> Dougl.	<i>Pinus leucodermis</i> Ant.	<i>Pinus mughus</i> Scop.
<i>Pinus silvestris</i> L. 94 insectes ont réagi 6 sans réaction	16	28	7	9	13	6	0	7	8
<i>Pinus pinaster</i> Sol. 91 insectes ont réagi 9 sans réaction	21	23	9	7	12	5	0	8	6
<i>Pinus pinea</i> L. 96 insectes ont réagi 4 sans réaction	15	17	14	11	9	9	0	10	11

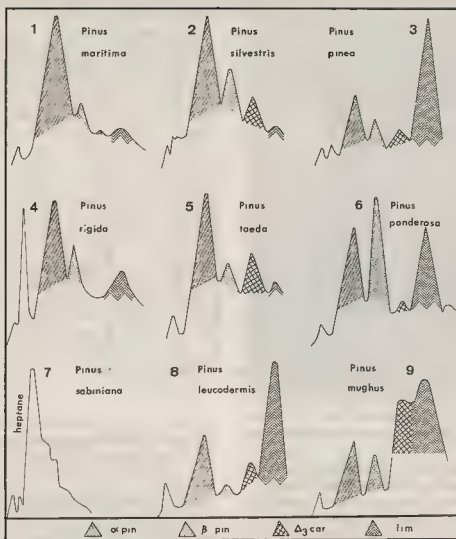
(100 insectes en expérience - moyenne de trois tests)

molécules volatiles, ce qui peut suffire à expliquer ces différences de comportement; leurs recherches n'en démontrent pas moins l'action des constituants terpéniques.

Etudiant pour sa part le comportement de divers *Scolytidae* américains, RUDINSKY (1966) conclut à l'attraction exercée par divers constituants terpéniques à l'égard de *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk. et de divers autres *Scolytidae* (*Gnathotrichus*, *Trypodendron*, *Hylastes* entre autres). Plus récemment SMELJANEZ (1969) reconnaît également que si les constituants terpéniques se montrent répulsifs et même toxiques pour certains insectes (par exemple *Diprion pini* L., Hyménoptère), en revanche quelques-uns de ces corps exercent une action nettement attractive sur *Ips typographus* L. comme nous l'avons déjà signalé (CHARARAS, 1958 et 1962). En 1968, PERTUNEN, KANGAS et OKSANEN ont démontré à l'aide d'olfactomètres que le mélange α -terpinéol, cis-carvéol et trans-carvéol possède des propriétés attractives pour *Blastophagus piniperda* L.

RECEPTIVITE DE LA PLANTE-HOTE EN FONCTION DE SA VITALITE

Parmi tous les *Scolytidae* cités ci-dessus, certaines espèces peuvent causer des dommages considérables aux forêts et l'on connaît des exemples de véritables dévastations un peu partout dans le monde entier. En Allemagne, ESCHERICH rapporte que 3 990 640 mètres cubes ont été détruits de 1873 à 1875 et KREBEL, GMELING et GRUBER, entre autres, signalent déjà des attaques très importantes entre 1649 et 1665. En Amérique, BONGBERG (1956) fait état de 2 000 000 d'hectares de peuplement résineux attaqués par *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk., et ORDISH précise qu'au Honduras *Dendroctonus mexicanus* Hopk. a détruit, au rythme de 162 000 arbres par jour, environ 2 500 000 hectares en trois ans (1962 à 1964).



Osmodiagrammes de neuf *Pinus* qui ont constitué des biotopes de nutrition pour *Blastophagus piniperda* L. à la seule exception de *Pinus sabiniana* dont le spectre d'odeurs est totalement différent de celui des autres *Pinus* (présence d'heptane).

Parmi ces huit essences, la nutrition s'effectue de préférence sur *Pinus maritima* et *Pinus silvestris*, moins souvent sur *Pinus pinea*; les autres essences ont été infectées par voie expérimentale.

Noter que *Pinus rigida*, *Pinus taeda*, *Pinus ponderosa* et *Pinus sabiniana* sont des essences américaines tandis que *Pinus leucodermis* croît dans le Sud de l'Italie et des Balkans et *Pinus mughus* dans les Alpes orientales et les Balkans.

FIGURE 2

Des dégâts très importants ont été signalés en Turquie dans les forêts de *Picea orientalis* Carr. (SCHIMITSCHEK, CHARARAS) et en France dans les Vosges, les Landes et le Morvan (Saint-Prix 1958 à 1960).

Soulignons que les dégâts sont imputables à des espèces à caractère primaire, comme certains *Ips* et certains *Dendroctonus*, qui peuvent s'attaquer à des sujets en sève, par opposition avec les espèces typiquement secondaires comme les *Pityogenes*, les *Pityophthorus*, les *Hylurgops*, les *Hylastes*, et les *Dryocoetes* qui ne vivent que sur des sujets très déficients ou abattus.

En général, les espèces primaires elles-mêmes marquent à l'origine une préférence pour les troncs abattus ou les arbres souffreteux mais des conditions écologiques propices (température élevée, sécheresse) et l'abondance de troncs déjà attaqués favorisent la pullulation de ces insectes qui s'adressent alors à des arbres sur pied en sève.

La vulnérabilité des peuplements dépend de nombreux facteurs parmi lesquels nous évoquerons plus particulièrement ici les facteurs écologiques. Ces facteurs ont une double action, d'une part sur les arbres dont ils influencent la vitalité et les réactions de défense, d'autre part sur les *Scolytidae* dont ils favorisent l'évolution.

Du fait que les *Scolytidae* préfèrent les sujets dont la vitalité s'est trouvée perturbée, tous les facteurs défavorables aux arbres peuvent déterminer, même s'ils n'agissent que pendant une courte période, des perturbations physiologiques qui autorisent l'installation massive des insectes.

Parmi ces conditions écologiques, nombreuses et complexes, nous pouvons citer à titre indicatif la mauvaise adaptation d'une essence en dehors de son aire d'extension naturelle, une sécheresse prolongée, des froids intenses, des températures élevées ou une mauvaise nutrition de certains sujets.

Au stade de vitalité réduite, la pression osmotique du suc extrait de l'écorce et du liber accuse des modifications sensibles; la turgescence diminue, de même que les exsudations de résines, et le sujet

attaqué n'oppose plus de défense à l'installation des insectes.

En revanche, lorsque les conditions du milieu sont favorables au peuplement forestier, la pression osmotique ne subit pas de modifications notables et les arbres gardent leur faculté de défense; cette défense reste d'ailleurs toute relative car les modalités de l'attaque et la densité des populations sont susceptibles de provoquer des modifications de la vitalité de la plante-hôte, comme nous l'avons démontré par voie d'infection expérimentale.

Les conditions écologiques jouent donc un rôle important dans le déterminisme des attaques puisqu'elles sont souvent à l'origine de perturbations de la vitalité, attestées par les modifications de la pression osmotique. En pratiquant une série d'infections expérimentales sur *Abies alba* Mill., KRAEMER a constaté que les sujets dont la pression osmotique corticale oscillait entre 10,2 et 13,6 atm. n'étaient pas propices à l'installation de *Pityoktenes curvidens* Germ. qui se localisait au contraire sur les sujets à basse pression osmotique (5,7 à 7,6 atm.).

Il nous est personnellement impossible de généraliser la conception selon laquelle l'abaissement de la pression osmotique est toujours l'indice d'un stade de vitalité autorisant des attaques irréversibles. Nous avons en effet réussi, dans le cas de *Picea excelsa* Link., à infecter des sujets dont la pression osmotique atteignait 8 et même 9 atm. (CHARARAS, 1959 et 1962), ce qui nous a incité à approfondir la question des variations de la pression osmotique et du pourcentage de constituants (déterminé par réfractométrie) et nous a conduit à mettre en évidence l'existence de valeurs caractéristiques de la pression osmotique : optimum, minimum et maximum. L'optimum correspond aux conditions écologiques les plus favorables au développement d'un végétal et cet optimum accuse des variations très nettes lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables.

Chez la plupart des conifères que nous avons étudiés, surtout dans le Bassin Méditerranéen et au Moyen Orient, nous observons une élévation marquée de la pression osmotique corticale au cours de la période aride; cette élévation résulte de la perte par évaporation d'une partie de l'eau du suc cellulaire

qui devient plus concentré; de 9 à 10 atm., valeur optimale mesurée en avril, la pression osmotique passe rapidement à 12-16 atm. Chez les essences peu résistantes il se produit un flétrissement des aiguilles, des perturbations dans le processus de photosynthèse et une diminution de la turgescence et des exsudations d'oléorésines; à ce stade, rien ne s'oppose à la pénétration des *Scolytidae* qui provoquent rapidement des dégâts irréversibles (CHARARAS, 1962 à 1968). Signalons toutefois que nous avons eu l'occasion de relever des attaques qui s'accompagnaient de valeurs très élevées de la pression osmotique, valeurs maximales révélant en fait que l'arbre

subit des perturbations physiologiques. Ce phénomène est général et d'ailleurs reconnu par des botanistes et des phytosociologistes comme WALTER et BRAUN-BLANQUET (1931 et 1936) qui précisent que l'optimum de la pression osmotique correspond à l'optimum écologique et le maximum au minimum « d'hydratur » de WALTER (état d'hydratation cellulaire).

Les conifères des régions dont le climat comporte une période sèche de trois à cinq mois (Midi méditerranéen français, Sud de l'Anatolie, Tunisie) accusent des variations très marquées comme le montrent les données suivantes :

Essences	Pays ou régions	Pression osmotique		Observations
		Avril	Juillet - Août	
France				
<i>Pinus maritima</i>	Midi méditerranéen	13,24	18,7 - 20,4	Jaunissement des aiguilles
<i>Pinus nigra</i>	" "	10,4	12,8 - 14	Bon état
<i>Pinus pinea</i>	" "	9,8	15,6	Bon état
<i>Cedrus atlantica</i>	" "	11,7	18,4	Bon état
<i>Quercus illex</i>	" "	16,8	22,1	Bon état
<i>Pinus halepensis</i>	" "	14,2	24,4	Bon état
<i>Cupressus sempervirens</i>	" "	12,7	17,56	Bon état
Turquie				
<i>Pinus brutia</i>	"	10,87	16,8	Bon état
<i>Abies bornmülleriana</i>	"	9,7	14,5	Bon état
<i>Abies cilicica</i>	"	11,8	14,7	Bon état
<i>Cedrus libani</i>	"	12,6	15,8	Bon état
<i>Picea orientalis</i>	"	—	14,9	Bon état
Tunisie				
<i>Pinus halepensis</i>	Dorsale Tunisienne	11,7	17,9	Bon état
<i>Pinus coulteri</i>	Nord de la Tunisie (reboisement)	10,3	15,6	Jaunissement des aiguilles
<i>Pinus caribea</i>	" " " "	9,4	14,2	Jaunissement des aiguilles
<i>Pinus brutia</i>	" " " "	12,6	16,4	Bon état
<i>Pinus patula</i>	" " " "	8,7	14,3	Aiguilles très jaunes
<i>Pinus maritima</i>	" " " "	8,2	16,2	Jaunissement des aiguilles

Notons que dans le Midi méditerranéen, *Pinus maritima mesogeensis* accuse des variations notables de la pression osmotique; l'essence souffre indiscutablement de la sécheresse (CHARARAS, 1964) puisque les physiologistes QUEZEL et LOISEL (1968) soulignent que « le point le plus remarquable est sans doute sa mauvaise résistance à la sécheresse estivale, caractère qui s'objective nettement à la fois au niveau de la biologie des plantules et de celle des individus adultes ».

Les mêmes auteurs reconnaissent également la meilleure résistance de *Pinus halepensis* Mill. et de *Pinus pinea* L. que nous avons nous-mêmes signalée à l'occasion de l'étude de la dégradation de *Pinus maritima mesogeensis* dans le Var. Les facteurs écologiques ont joué un rôle capital dans ce processus de dégradation mais il convient cependant de rappeler que la pullulation de *Blastophagus piniperda* L., de *Pissodes notatus* Fabr. (*Curculionidae* xylophage) et d'une Cochenille, *Matsucoccus feytaudi* Duc. a largement contribué à accélérer le dépérissement. Les conditions climatiques particulièrement favorables ont autorisé une extension rapide et une large dispersion des foyers dans toute la zone occupée par le pin maritime, alors que les autres conifères (notamment *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* Mill. et divers *Cedrus* introduits) n'ont subi aucun dégât malgré la pullulation de ces insectes.

Certaines espèces botaniques plastiques et bien adaptées aux conditions arides, comme *Pinus halepensis* Mill., *Pinus brutia* Ten. et *Cedrus libani* Bar., peuvent supporter des périodes arides et s'accommoder d'une pression osmotique très élevée sans présenter de dégâts irréversibles et dès les premières pluies d'automne ces essences retrouvent une pression osmotique normale. Tous les conifères sont vulnérables et deviennent propices à l'installation des *Scolytidae* lorsqu'ils subissent des perturbations physiologiques, surtout en été, période de vitalité réduite pour tous les végétaux et d'essaimage massif des insectes dont l'activité d'envol, de nutrition et de reproduction se trouve favorisée par les conditions thermiques optimales.

De même que la pression osmotique, la pression des oléorésines a retenu l'attention de différents

chercheurs et l'étude qu'en ont faite VITÉ et WOOD chez *Pinus ponderosa* Dougl. les a conduits à distinguer trois catégories d'arbres :

- une catégorie résistante dont la pression d'oléorésines se maintient entre 6,6 et 12 atmosphères;
- une catégorie d'arbres atteints par *Dendroctonus monticolae* Hopk. et *D. brevicornis* Leconte (entre 0 et 4 atm.);
- une catégorie intermédiaire correspondant à une pression d'oléorésines comprise entre 4,1 et 6,6 atm.

La pression des oléorésines subit des modifications suivant les conditions du milieu, et l'élévation de la température ou la diminution de l'humidité (humidité relative et humidité du sol) s'accompagnent d'un abaissement de cette pression. Il a d'ailleurs été reconnu par les physiologistes que la valeur maximale de la pression d'oléorésines correspond à l'optimum de turgescence et d'hydratation des cellules, en même temps qu'à l'optimum d'hygrométrie du sol; il existe donc des liaisons très étroites entre la pression des oléorésines et la pression osmotique corticale. RUDINSKY (1963) a pris également en considération la pression des oléorésines lors de l'étude de la réaction de divers conifères aux attaques de *Dendroctonus monticolae* Hopk.; il en a conclu que dans les cas de parasitisme endémique, seuls les arbres physiologiquement affaiblis sont atteints avec succès, aboutissant ainsi sur ce point à des conclusions identiques aux nôtres.

ATTRACTION DE MASSE, ATTRACTION SEXUELLE ET SUCCESSION DES ESPÈCES

Nous savons déjà que l'essaimage des *Scolytidae* se trouve conditionné par des facteurs intrinsèques (nutrition de maturation des adultes) et par des facteurs extrinsèques tels que les conditions thermiques, qui jouent un rôle déterminant dans la mesure où certaines espèces ne peuvent s'envoler qu'à une température supérieure à 16 °C. Chez d'autres espèces comme *Blastophagus piniperda* L., l'envol peut avoir lieu à partir de 12 °C mais il reste alors

localisé et l'essaimage massif ne se produit que lorsque les conditions écologiques deviennent plus propices. De même que la température, la luminosité influence l'essaimage car un flux lumineux intense autorise une continuité de l'envol, qui se trouve en revanche sensiblement réduit par une faible luminosité (CHARARAS, 1962). Par contre, lorsque la température devient très élevée, de l'ordre de 58 °C sur la face externe de l'écorce, ce qui est très fréquent en Afrique du Nord, les insectes tendent à abandonner les plages directement exposées aux rayons lumineux, au profit de zones mieux protégées. C'est la combinaison de tous ces facteurs qui explique la généralisation rapide des attaques dans les secteurs où les *Scolytidae* existent à l'état épidémique.

Suivant VITÉ et WOOD (1961), l'attaque initiale se produit au hasard mais ultérieurement la colonisation en masse de certains sujets par les *Scolytidae* est liée aux attaques des premiers insectes installés. On se trouve amené ainsi à distinguer des facteurs attractifs initiaux et des facteurs attractifs secondaires, conséquence de l'installation des insectes pionniers, qui exerceraient alors une certaine attractivité sur les autres insectes en essaimage (ANDERSON, 1948). Les expériences ont démontré toutefois que l'installation des insectes pionniers ne peut avoir lieu que sur un biotope propice, c'est-à-dire autorisant la pénétration des insectes mâles dans le cas des espèces polygames qui se caractérisent par leur protandrie (CHARARAS, 1960 et 1962). De récents essais d'infections expérimentales sur *Picea orientalis* Carr. (Turquie, 1964), *Pinus halepensis* Mill. (Tunisie, 1968) et *Pinus sylvestris* L. (Fontainebleau, 1969) ont révélé que la fixation des insectes mâles n'est possible que sur certains sujets; les résultats obtenus avec *Orthotomicus erosus* Woll., *Pityokteines curvidens* Germ. et *Ips sexdentatus* Boern. permettent d'affirmer que les seuls sujets attaqués de façon massive sont précisément ceux sur lesquels les infections initiales ont été positives.

Après la colonisation d'un biotope par les premiers mâles, on observe une progression des attaques avec l'arrivée des autres mâles puis des femelles qui rejoignent les différentes chambres d'accouplement (CHARARAS, 1962, 1966 et 1968); il s'agit là d'un

phénomène d'attractivité sexuelle incontestable, reconnu par de nombreux auteurs, WOOD, VITÉ, RUDINSKY, BORDEN, PITMAN chez les espèces américaines et par nous-même chez *Carphoborus minimus* Fabr., divers *Pityokteines* et divers *Orthotomicus* entre autres. Cette attractivité sexuelle ne peut être exercée que par les insectes mâles parvenus à complète maturité physiologique et seulement pendant une période déterminée car elle n'a qu'une durée limitée et s'atténue très rapidement après l'accouplement. Nous avons constaté par exemple que des chambres d'accouplement creusées dans des conditions thermiques propices ne sont jamais occupées par des femelles s'il survient aussitôt une période froide qui suspend l'envol car lors de la reprise de l'essaimage les femelles ne visitent jamais ces chambres d'accouplement trop anciennes. En revanche, en période d'envol homogène, il y a synchronisation des attaques et tous les biotopes sont densément occupés.

Le rôle de l'attractivité sexuelle a été vérifié chez d'autres *Scolytidae* polygames comme *Ips confusus* Leconte (WOOD, VITÉ, GARA), *Ips ponderosa* (VITÉ, GARA, KLIÉFOTH, PITMAN), *Carphoborus minimus* Fabr., *Pityokteines curvidens* Germ., *Pityokteines spinidens* Reit. et *Phloeosinus bicolor* Brull. (CHARARAS, 1966 et 1968); ce même stimulus se retrouve d'ailleurs chez les espèces monogames dont les femelles exercent une attraction sexuelle analogue sur les insectes mâles, comme RUDINSKY (1966) l'a constaté chez *Trypodendron lineatum* Ol. et BORDEN (1968) chez *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk.

Pour en revenir aux espèces polygames, actuellement mieux étudiées, il convient de signaler que les tests effectués directement avec les insectes mâles ou simplement avec les déjections des mâles ont déclenché une même réponse positive; ce phénomène a été observé chez *Ips confusus* Leconte comme chez les autres *Scolytidae* étudiés mais il faut cependant préciser que l'effet des déjections n'a qu'un temps limité, aussi bien chez *Phloeosinus bicolor* Brull. que chez les autres espèces polygames.

Des recherches récentes en Tunisie (juillet 1969) sur l'attraction sexuelle d'*Orthotomicus erosus* Woll.

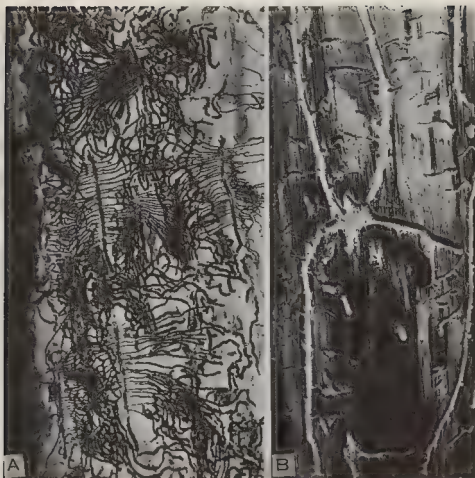


FIGURE 3

A. Galerie de ponte creusée suivant l'axe de l'arbre par *Blastophagus piniperda* L., espèce monogame chez qui l'attractivité sexuelle est exercée par la femelle. Noter les nombreuses galeries larvaires, très fines, orientées perpendiculairement à la galerie maternelle.

B. Système de ponte d'*Ips acuminatus* Gyll. avec chambre d'accouplement centrale d'où rayonnent quatre galeries de ponte longitudinales, légèrement obliques; chez cette espèce polygame, l'attraction sexuelle émanant de l'insecte mâle s'est donc exercée dans ce cas sur quatre femelles.

nous ont montré que les substances extraites (par le pentane) des déjections des mâles, ainsi que l'extraît de l'intestin postérieur des mâles (région du cryptosolénisme et de l'iléon) exercent une attraction vis-à-vis des femelles de cette espèce. Sous une température élevée, cette attraction est cependant limitée par suite de la détérioration des substances attractives, alors que l'attraction sexuelle persiste dix à douze jours lorsque les mâles se trouvent dans leur chambre d'accouplement respective. Des recherches entreprises

sur le rôle joué par l'intestin postérieur dans l'élaboration des phéromones sont en cours, en vue de préciser les particularités histologiques de l'intestin postérieur.

Récemment, le chimiste SILVERSTEIN et ses collaborateurs ont isolé, de la sciure rejetée par les mâles d'*Ips confusus* Leconte, trois alcools terpéniques; ces composés n'exercent une attraction que lorsqu'ils se trouvent en mélange; il s'agit donc d'un cas très particulier d'action synergétique. Dans le cas



FIGURE 4

- A. Infection expérimentale par *Phloeosinus armatus* Rest de *Cupressus sempervirens* au stade de déficience physiologique. Noter la présence de deux galeries maternelles longitudinales.
- B. Système de ponte de *Phloeosinus bicolor* Brul., espèce polygame à chambre d'accouplement centrale. Noter la présence d'un très grand nombre de galeries larvaires sculptant l'aubier.
- C. Etude de l'attractivité exercée par l'insecte mâle chez *Carphoborus minimus* Fabr. (espèce polygame). Au centre ont été déposés les extraits de la partie terminale de l'intestin postérieur de 68 insectes mâles; ces extraits ont été obtenus en diluant 125 milligrammes de matière dans 2 cc d'hexane.

de *Dendroctonus brevicomis* Leconte (espèce monogame), les mêmes auteurs ont réalisé la synthèse de la substance attractive contenue dans la sciure des galeries initiales creusées par les femelles; les tests effectués avec cette substance baptisée « brevicomine » ont permis de préciser que les mâles répondent à la dose infinitésimale de 1 μ g.

De leur côté, WOOD et ses collaborateurs ont constaté qu'un produit synthétique, réalisé à partir de

trois composés extraits de la sciure rejetée par les mâles d'*Ips confusus* Leconte, se révèle attractif, non seulement pour les insectes mâles et femelles de cette espèce, mais aussi pour un certain nombre de prédateurs, notamment un Cléride, *Enocleus lecontei*. Cette dernière observation nous amène à soulever la question de la spécificité de cette phéromone composée d'alcools terpéniques et de cis-verbénol. On sait en effet que certains composés

terpéniques subissent des oxydations sous l'action conjuguée de l'air et de l'humidité; tel est le cas de l' α -pinène qui se transforme en verbénone (cétone) et verbénol (alcool), produits exerçant d'ailleurs eux aussi un pouvoir attractif sur les *Scolytidae*.

Lorsqu'un arbre en sève est attaqué par une espèce primaire, la nutrition des insectes, leurs déjections, la prolifération de divers micro-organismes (cryptogames ou bactéries) conjuguent leurs effets nocifs en provoquant une dégradation progressive du biotope; lorsqu'il a perdu les qualités nutritives correspondant aux besoins des espèces primaires, ce biotope

est abandonné par les insectes qui exigent une plante-hôte en sève, dont les propriétés biochimiques demeurent qualitativement comparables à celles des arbres sains. A ce stade, le biotope se trouve colonisé par des espèces très diverses de *Scolytidae* secondaires ou parasites du bois en décomposition, *Hylastes*, *Hylurgops*, *Dryocoetes* (CHARARAS, 1960 et 1962).

Les analyses effectuées aux diverses phases d'occupation ont révélé des modifications biochimiques très nettes chez les sujets en voie de décomposition dont la teneur en constituants glucidiques diminue considérablement.

	<i>Picea excelsa</i> Link. Sujet en bon état, en sève (écorce + liber)	<i>Picea excelsa</i> Link. Très attaqué, biotope abandonné par <i>Ips typographus</i> L., occupé par des espèces secondaires : <i>Hylurgops</i> , <i>Dryocoetes</i>
Pression osmotique en atm.	9,27	2,41
Pourcentage de matières sèches	20	2
Sucres réducteurs exprimés en grammes de glucose pour 100 cc	6,3	0,52
Sucres non réducteurs exprimés en grammes de saccharose pour 100 cc	1,38	traces indosables
Sucres totaux en grammes pour 100 cc	7,68	0,52
Nature des sucres révélés par chromatographie sur papier	Stachyose, raffinose, saccharose, glucose, fructose, arabinose	Traces de raffinose, arabinose
Acides organiques libres hydrosolubles, exprimés en millilitres d'acide normal pour 100 cc	9,01	0,62

L'abandon du biotope par les espèces primaires (*Ips typographus* L., *Ips sexdentatus* Boern. et *Blastophagus piniperda* L.) et sa colonisation par des insectes secondaires comme les *Hylastes*, les *Hylurgops* et les *Drycoetes*, puis par des *Cerambycidae* et des *Buprestidae* constituent un phénomène très courant directement lié à la dégradation du biotope; c'est ainsi par exemple que les pins maritimes attaqués par *Ips sexdentatus* Boern. ou *Blastophagus piniperda* L. dans la forêt des Landes sont ensuite envahis par divers *Buprestidae*: *Spondylis buprestoides* L., *Ergates faber* L., *Rhagium inquisitor* L. et *Leptura rubra* L., entre autres; de façon analogue, nous avons constaté en Turquie que l'installation de *Phloeosinus cedri* Schedl sur *Cedrus libani* Bar. précède et préage une occupation massive par *Anthaxia corinthia* Obenb. (*Buprestidae*). Ce phénomène de la succession des insectes n'est pas l'apanage des conifères et intéresse au contraire différents végétaux; il a été observé notamment par DELAMARE-DEBOUTTEVILLE (1951) en Côte d'Ivoire et par DĄJOZ (1966) chez les Coléoptères xylophages des hêtres. DĄJOZ précise en particulier que *Xyleborus saxeensis* Ratz. se manifeste au début du dépérissement de l'arbre alors que l'Anthridide *Platyrhinus resinosus* apparaît seulement au tout dernier stade de la décomposition.

La colonisation du bois décomposé par des espèces spécifiques est un aspect écologique typique des rapports étroits qui existent entre l'arbre-hôte et l'insecte. C'est en même temps une modalité d'adaptation physiologique puisque les *Scolytidae* étudiés jusqu'ici ne possèdent pas de vraie cellulase dans leur arsenal enzymatique, pourtant si riche en osidases, en α et β glucuronidases, en galactosidase, en amylase, en pectinase et en méthylcellulase. En l'état actuel des connaissances dans ce domaine nous savons qu'il n'existe de cellulase ni chez *Ips typographus* L. (CHARARAS, COURTOIS, DEBRIS et LAURANT-HUBÉ, 1963), ni chez *Ips sexdentatus* Boern. (Le FAY, 1969), ni chez les autres *Scolytidae* étudiés (COURTOIS et CHARARAS, 1965) tandis que les *Cerambycidae*, notamment *Rhagium bifasciatum* F., *Leptura rubra* L. et *Ergates faber* L., possèdent une activité cellulasique notable, souvent favorisée d'ailleurs par l'action de divers micro-organismes du tube digestif.

L'expérimentation parallèle sur milieux naturels et sur milieux synthétiques (cellulose pure ou additionnée de différents glucides) nous a montré que les exigences nutritives des *Scolytidae* parasites des arbres en sève sont très différentes de celles des *Cerambycidae*, dont l'évolution s'effectue sur des substrats pauvres en glucides solubles ou sur du bois ayant atteint un stade de décomposition avancée. Parmi les principaux constituants qu'un sujet attaqué peut offrir aux *Scolytidae*, divers oses, des oligosaccharides (saccharose, raffinose) et des hexoses (glucose, fructose) ont une valeur nutritive élevée; la nutrition des insectes s'exerçant essentiellement aux dépens des faisceaux libéro-ligneux, qui sont précisément très riches en constituants glucidiques véhiculés par la sève élaborée, on conçoit que l'évolution dépende pour une large part des propriétés nutritives du biotope. Lors de son dessèchement, les *Scolytidae* ne trouvent plus les constituants glucidiques dont ils ont besoin, ce qui provoque une mortalité élevée (CHARARAS, 1962).

Chez certains *Scolytidae* (divers *Xyloterus*, *Anisandrus*) la nutrition s'effectue dans des galeries tapissées d'un champignon du genre *Ambrosia* et l'évolution des larves dépend alors de la présence de ces champignons dans leurs galeries.

EQUILIBRE NATUREL ET FACTEURS DE PULLULATION

La pullulation des *Scolytidae* dépend de facteurs écologiques aussi divers que la nature des peuplements, l'extension des essences, la résistance aux attaques, l'adaptation et l'intervention de conditions défavorables aux peuplements (sécheresse, température élevée) entre autres.

L'existence d'un abondant matériel propice à la nutrition des insectes (branches, troncs abattus, sujets affaiblis) constitue un facteur latent qui permet aux espèces primaires de passer du stade endémique au stade épidémique; c'est ce qui s'est produit pour *Ips typographus* L. dans différents secteurs en Allemagne (MERKER, 1955; WELLENSTEIN, BOMBOSCH,

1942) et en France dans la Forêt de Saint-Prix (Morvan, CHARARAS, 1960).

Dans certains cas de pullulation d'*Ips typographus* L., FRANTZ a dénombré au moment de l'envol 1 545 adultes sur une surface d'un mètre carré, ce qui représente un total théorique de 15 450 000 insectes par hectare de peuplement attaqué.

La densité des populations réunies sur un même biotope peut être remarquablement élevée puisque nous avons recensé, dans le cas d'*Ips typographus* L. sur *Picea excelsa* Link. dans la forêt de Saint-Prix, 224 insectes sur une portion de tronc de 30 cm $\times$ 10 cm (CHARARAS, 1961). Pour un arbre de dimensions courantes, mesurant 23 m de haut, avec une circonférence de 115 cm à la base et 21 cm au sommet, la surface corticale dépasse 15 m² ce qui autorise en fait l'évolution d'une population totale de 10 000 à 30 000 insectes.

Chez les Scolytidae qui développent deux générations annuelles ou même plus, comme *Ips sexdentatus* Boern. en Turquie (trois ou même quatre générations), le potentiel de multiplication constitue un élément redoutable qui fait de ces espèces un grave danger pour la forêt, même en tenant compte d'une mortalité de l'ordre de 50 % (taux exceptionnel en pratique). En effet sur certains épicéas nous avons observé sur une surface de 20 cm $\times$ 20 cm, trois systèmes de ponte de trois galeries chacun, avec en moyenne 30 œufs par galerie, ce qui donne un total de 270 larves en évolution sur 400 cm². HIERHOLZER rapporte également, chez *Pityokteines curvidens* Germ., un exemple de 519 adultes prêts à sortir sur une surface de 1 280 cm², avec un taux de parasitisme relativement faible, de l'ordre de 7 à 13,8 %.

Dans des conditions extrêmement favorables, il y a donc toujours tendance à l'accroissement des populations, d'autant que la mortalité hivernale ne peut jamais être très élevée car les Scolytidae font preuve d'une grande résistance aux basses températures; c'est ainsi qu'avec des minima de -10° à -15°C on n'enregistre dans les conditions naturelles qu'une faible mortalité dans les populations d'*Ips typographus* L., du fait que l'action de ces températures

demeure toujours très brève; de son côté MAKSYMOW a conclu qu'une température de -10°C ne provoque pas de mortalité chez *Pityokteines curvidens* Germ. C'est seulement par voie expérimentale, en abaissant brutalement la température de $+30^{\circ}\text{C}$ à -15°C ou de $+21^{\circ}\text{C}$ à -10°C , que nous avons pu obtenir une mortalité de 100 % mais dans les conditions naturelles de telles variations thermiques demeurent exceptionnelles.

Parmi les facteurs qui concourent à limiter l'accroissement des populations, il convient de distinguer les facteurs intrinsèques (fécondité, physiologie de la reproduction, nombre de générations annuelles, sex ratio) des facteurs extrinsèques tels que la température, l'humidité, les facteurs alimentaires, et de façon plus générale toutes les conditions caractéristiques du milieu habité qui intervient en modifiant la reproduction, le nombre de générations annuelles et le rythme du développement.

Le nombre d'œufs pondus varie considérablement selon les espèces mais aussi au sein d'une même espèce puisque *Pityokteines curvidens* Germ. peut pondre suivant les cas 12, 59 ou même 135 œufs; pour *Ips typographus* L. le minimum est de 7 et le maximum de 64 tandis que chez certains *Dendroctonus* le maximum peut atteindre 250 à 300. Au stade œuf, la mortalité, très faible, dépend directement des conditions écologiques puisqu'une température élevée provoque le dessèchement de l'écorce comme nous l'avons observé en Afrique du Nord (Tunisie) à l'occasion de l'étude d'*Orthotomicus erosus* Woll.; pratiquement négligeable à ce stade, la mortalité se fait sentir au cours du développement larvaire lorsque l'évolution s'effectue sur des biotopes densément occupés (CHARARAS, 1962).

Dans les secteurs propices à l'évolution des Scolytidae on peut distinguer une phase initiale dite « d'énergie d'extension des foyers » caractérisée par une faible mortalité (8 à 10 % environ) puis une phase d'énergie d'éruption qui intervient quelques années plus tard et s'accompagne d'une mortalité plus élevée (15 à 20 %); c'est le processus que nous avons pu observer en étudiant l'extension d'*Ips sexdentatus* Boern. dans les peuplements de *Picea*

orientalis Carr. en Turquie. Selon BOMBOSCH, la période d'extension croissante d'un foyer ne dure que quatre ans chez *Ips typographus* L. dans le cas d'une seule génération annuelle, mais cette conclusion ne peut s'appliquer aux *Scolytidae* qui développent deux ou même trois générations annuelles, comme *Ips sexdentatus* Boern. en Turquie; dans ce cas, l'extension croissante de la population est de plus longue durée. La réduction du dynamisme d'extension semble généralement liée à l'insuffisance du matériel nutritif comme cela s'est produit pour *Ips typographus* L. en Allemagne où MERKER signale que dans certains secteurs, faute de trouver des arbres propices, les insectes se sont jetés sur des hêtres pour pratiquer leur nutrition, mais dans ce cas il n'y a eu ni ponte ni a fortiori évolution larvaire.

En ce qui concerne le rôle des prédateurs et des parasites, signalons que quelques espèces comme *Thanasimus formicarius* L. (prédateur d'*Ips typographus* L. et d'*Ips sexdentatus* Boern.) jouent un rôle efficace dans la limitation des populations de *Scolytidae*. Au nombre des parasites de cette famille on connaît divers Diptères (*Medetera*) et de nombreux Hyménoptères *Pteromalidae*, *Eurytomidae* et *Bracnidae*, parmi lesquels certains *Rhopalicus* peuvent parasiter jusqu'à 80 % des larves de *Blastophagus piniperda* L. La présence de cryptogames parasites a été également mise en évidence avec l'isolement de *Paecilomyces varioti* Bainier à partir de *Leperesinus fraxini* Panz. mais si la mortalité est élevée au Laboratoire elle demeure très faible dans les conditions naturelles (CHARARAS, 1962). Enfin de nombreux Nématodes vivent soit en commensaux, dans les galeries ou sous les élytres des insectes, soit en semi-parasites, soit en parasites des *Scolytidae*. D'après RÜHM, qui leur a consacré de très nombreux travaux, on sait que certains de ces Nématodes entraînent une mortalité importante lorsqu'ils parasitent le tube digestif, en raison des lésions histologiques qu'ils déterminent (RÜHM et CHARARAS, 1957). Les recherches que nous avons réalisées sur ce sujet nous ont permis de constater que *Parasitiorhabditus hectographi* n. sp. provoque une modification de l'épithélium au niveau de l'intestin moyen et de l'intestin postérieur, tandis que d'autres sont respon-

sables de graves malformations ovariennes (CHARARAS, 1957 et 1962).

Malgré leur rôle parfois important dans la diminution des populations de *Scolytidae*, les parasites et les prédateurs ne parviennent que très rarement à contrôler l'extension de ces populations en cas d'attaques épidémiques, qui peuvent atteindre parfois un stade véritablement catastrophique. Ce n'est que par l'adaptation des essences dans les meilleures conditions d'extension écologique que les dégâts imputables aux *Scolytidae* restent insignifiants; l'hygiène sylvicole et le souci de maintenir les peuplements dans des conditions optimales restent donc essentiels pour éviter la dévastation des forêts, car ils contribuent à empêcher la pullulation des *Scolytidae* primaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON R. F., 1948. — Host selection by the pine engraver. *J. Econ. Ent.*, **41**, 596-602.
- BALACHOWSKY A., 1949. — Coléoptères Scolytides, *Faune de France*, **50**, 320 p. Lechevalier, Paris.
- BERTON A., 1960. — Piles galvaniques à électrodes de même nature détectrices de vapeurs de liquides et de solides dans l'air. *C. R. Ac. Sc.*, **250**, 126-127.
- BOMBOSCH, S., 1954. — Zur Epidemiologie des Buchdrückers (*Ips typographus*), in WELLENSTEIN Forstsch-Südwest, Ringingen, 239-283.
- BONJOUR J. W., 1956. — Les insectes parasites des essences forestières aux Etats-Unis, rapport sur la situation en 1955. *Bull. Phytosanitaire de la F.A.O.*, **IV**, 163-169.
- BORDEN J. H. et WOOD D. L., 1966. — The antennal receptors and olfactory response of *Ips confusus* (Coleoptera *Scolytidae*) to male sex attractant in the laboratory. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **59**, 253-261.
- BORDEN J. H., BROWNLEE R. G. et SILVERSTEIN R. M., 1968. — Sex pheromone of *Trypodendron lineatum* (Col. *Scolytidae*): Production bioassay and partial isolation. *The Canad. Ent.*, **100**, 629-636.
- BRAUN-BLANQUET J., 1933. — L'association végétale climatique unifiée phytosociologique et le climat du sol dans le midi méditerranéen. *S.I.G.M.A. Comm.*, **25**. *Bull. Soc. Bot. Franc.*, **80**.
- CHAPMAN, J. A., 1956. — Flight muscle changes during adult life in a Scolytid beetle. *Nature*, Lond. **177**, 1183.
- CHAPMAN J. A., 1958. — Studies on the physiology of the ambrosia beetle *Trypodendron* in relation to its ecology. *Proc. 10th Int. Congr. Ent.* (Montreal, 1956), **4**, 375-380.

- CHARARAS C., 1958. — Rôle attractif de certains composants des oléorésines à l'égard des *Scolytidae* des résineux. *C. R. Ac. Sc.*, **247**, 1653-1654.
- CHARARAS C., 1959. — Les variations de la pression osmotique des conifères, facteurs déterminants de la pénétration des *Scolytidae* (insectes Coléoptères). *C. R. Ac. Sc.*, **248**, 1407-1410.
- CHARARAS C., 1959. — L'attractivité exercée par les conifères à l'égard des *Scolytidae* et le rôle des substances terpéniques extraites des oléorésines. *Rev. Path. Veg. Ent. Agric. France*, **38**, 113-129.
- CHARARAS C., 1959. — Relations entre la pression osmotique et le rôle de la plante-hôte à l'égard des Coléoptères *Scolytidae*. *C. R. Ac. Sc.*, **249**, 2109-2111.
- CHARARAS C., 1959. — L'influence des conditions climatiques sur l'évolution des *Scolytidae*. Compte-rendu de plusieurs années d'expérimentation dans les forêts de Haute Savoie. *Ann. Ecole Nat. Eaux Forêts Nancy*, **XVI**, 137-167.
- CHARARAS C., DESVEAUX R. et KOGANE-CHARLES M., 1960. — Relations entre l'installation des Coléoptères *Scolytidae* et la teneur des conifères en glucides solubles et en acides organiques hydrosolubles libres. *C. R. Ac. Sc.*, **250**, 921-923.
- CHARARAS C., 1960. — Relations entre les variations de la pression osmotique des conifères et l'extension des Coléoptères *Scolytidae*. *Congrès Intern. Ent. Vienne*, **1**, 246-249.
- CHARARAS C., 1960. — Le chimiotropisme chez les *Scolytidae* et le rôle des substances terpéniques. *Congrès Intern. Ent. Vienne*, **II**, 249-254.
- CHARARAS C., 1962. — Biologie des *Scolytidae* des conifères, 556 p. Lechevalier, Paris.
- CHARARAS C., 1964. — Le pin maritime: dépérissement général dans le Var, étude du rôle des insectes, des conditions climatiques, des facteurs biologiques. Adaptation possible de certaines essences dans le Bassin méditerranéen. 126 p. Lechevalier, Paris.
- CHARARAS C., 1966. — Recherches sur l'attractivité chez les *Scolytidae*. Etude sur l'attractivité sexuelle chez *Carpoborus minimus* Fabr. (Coléoptère *Scolytidae*) typiquement polygame. *C. R. Ac. Sc.*, **262**, ser. D, 2492-2495.
- CHARARAS C., 1966. — Recherches sur l'écologie, la biologie et le comportement d'*Ips sexdentatus* Boern. ravageur de *Picea orientalis* en Turquie. *Rev. Instit. Rech. Forest. Ankara*, **12**, 1-37.
- CHARARAS C., 1968. — Recherches sur le comportement sexuel de *Pityokteines spinidens* Reit. (Coléoptère *Scolytidae* polygame) et étude des facteurs qui agissent sur le pouvoir attractif du mâle à l'égard des femelles. *C. R. Ac. Sc.*, **266**, ser. D, 1852-1855.
- DAJOZ R., 1966. — Ecologie et biologie des Coléoptères xylophages de la hêtre (Thèse). *Vie et Milieu*, **527-763**.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., 1951. — Microfaune du sol des pays tempérés et tropicaux. Supplément n° 1 à *Vie et Milieu*, 360 p.
- ESCHERICH K., 1923. — Die Forstinsekten Mitteleuropas, **II**, 663 p., Paul Parey, Berlin.
- GARA R. I., 1963. — Studies on the flight behaviour of *Ips confusus* Le Conte (Coleoptera *Scolytidae*) in response to attractive material. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **22**, 51-66.
- GARA R. I., VITÉ J. P. et CRAMER H. H., 1965. — Manipulation of *Dendroctonus frontalis* by use of a population aggregating pheromone. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **23**, 55-66.
- GARA R. I., 1967. — A field olfactometer for studying the response of the southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis*) to attractants. *J. Econ. Ent.*, **60**, 1180-1181.
- GRAHAM S. A., 1956. — Ecology of forest insect. *Ann. Rev. of Ent.*, **1**, 261-281.
- HIERHOLZER O., 1954. — Die Massenvermehrung der krummzahnigen Tannenborkenkäfer in Württemberg-Hohenzollern von 1947-1950 (in WELLENSTEIN), 329-384, Edit. Forstschutzstelle Südwest/Ringingen.
- KANGAS E., PERTTUNEN V., OKSANEN H. et RINNÄ M., 1965. — Orientation of *Blastophagus piniperda* L. to its breeding material. Attractant effect of α -terpineol isolated from pine resin. *Ann. Ent. Fenn.*, **31**, 61-73.
- KANGAS E., PERTTUNEN V. et OKSANEN H., 1967. — Studies on the olfactory stimuli guiding the bark beetle *Blastophagus piniperda* L. to its host tree. *Ann. Ent. Fenn.*, **33**, 181-211.
- KLIEFOTH R. A., VITÉ J. P. et PITMAN J. B., 1964. — A laboratory technique for testing bark beetle attractants. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **22**, 283-290.
- KRAMER G. D., 1953. — Die kritischen Grenzen der Brutbaumdistribution für Borkenkäferbefall an Fichte (*Picea excelsa* L.). *Z. Angew. Ent.*, **34**, 463-512.
- MERKER E., 1955. — Der Massenwechsel des grossen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus* L.) und seine Abhängigkeit vom Standort. *Beiträge zur Ent.*, **5**, 245-275.
- ORDISCH G., 1966. — Le Dendroctone de l'écorce du pin au Honduras « Span », *Progrès de l'Agriculture*, **9**, 113-115.
- PERTTUNEN V., 1960. — Seasonal variation in the light reactions of *Blastophagus piniperda* L. (Coleoptera *Scolytidae*) at different temperatures. *Ann. Ent. Fenn.*, **26**, 86-92.
- PITMAN J. B. et VITÉ J. P., 1963. — Studies on the pheromone of *Ips confusus* (Le Conte). I. Secondary sexual dimorphism in the kindgut epithelium. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **22**, 221-225.
- PITMAN J. B., KLIEFOTH R. A. et VITÉ J. P., 1965. — Studies on the pheromone of *Ips confusus* (Le Conte). II. Further observation on the site of production. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **23**, 13-18.
- PITMAN J. B., RENWICK J. A. A. et VITÉ J. P., 1966. — Variation in olfactory behaviour of *Ips confusus* (Le Conte) (Coleoptera *Scolytidae*) between laboratory and field bioassays. *Naturwissenschaften*, **53**, 46-47.
- QUEZEL P. et LOISEL R., 1968. — A propos de la biologie des pins méditerranéens en Provence. (Communication Program. Biol. Intern. en Tunisie).

- VITÉ J. P. et WOOD D. L., 1961. — A study on the applicability of the measurement of oleoresin exudation pressure in determining susceptibility of second growth *Ponderosa* pine to bark beetles infestation. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **21**, 67-78.
- VITÉ J. P., 1961. — The influence of water supply on oleoresin exudation pressure and resistance to bark beetle attack in *Pinus ponderosa*. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **21**, 37-66.
- VITÉ J. P. et GARA R. I., 1962. — Volatile attractants from *Ponderosa* pine attacked by bark beetles (Coleoptera Scolytidae). *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **21**, 251-273.
- VITÉ J. P., GARA R. I. et KLIEFOTH R. A., 1963. — Collection and bioassay of a volatile fraction attractive to *Ips confusus* (Le Conte) (Coleoptera Scolytidae). *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **22**, 39-50.
- VITÉ J. P., 1967. — Sex attractants in frass from bark beetles. *Sciences*, **155**, 107.
- WALTER H., 1931. — Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologisch-ökologische Bedeutung. Untersuchungen über den osmotischen Wert. G. Fischer, Jena.
- WELLENSTEIN G., 1954. — Die Niderkämpfung der Borkenkäfer in Württemberg-Hohenzollern. 107-164, Forstschutzstelle Sudwest Ringingen.
- WOOD D. L. et VITÉ J. P., 1961. — Studies on the host selection behaviour of *Ips confusus* (Le Conte) (Coleoptera Scolytidae) attacking *Pinus ponderosa*. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **21**, 79-95.
- WOOD D. L., 1962. — The attraction created by males of a bark beetle *Ips confusus* (Le Conte) attacking *Ponderosa* pine. *Pac. Ent.*, **38**, 141-145.
- WOOD D. L. et BUSHING R. W., 1963. — The olfactory response of *Ips confusus* (Le Conte) (Coleoptera Scolytidae) to the secondary attraction in the Laboratory. *Can. Ent.*, **95**, 1066-1078.
- WOOD D. L., BROWNE L. E., SILVERSTEIN R. M. et RODIN J. O., 1966. — Sex pheromones of bark beetles Mass production bioassay, source isolation of the sex pheromone of *Ips confusus* (Le Conte). *J. Insect Phys.*, **12**, 523-536.
- RUDINSKY J. A., 1962. — Ecology of Scolytidae. *Ann. Rev. Ent.*, **7**, 327-348.
- RUDINSKY J. A., 1963. — Response of *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk. to volatile attractants. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **22**, 22-38.
- RUDINSKY J. A. et DATERMAN G. E., 1964. — Field studies on flight patterns and olfactory responses of Ambrosia beetles in Douglas fir forests of Western Oregon. *Can. Ent.*, **96**, 1339-1352.
- RUDINSKY J. A. et DATERMAN G. E., 1964. — Response of Ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* Oliv. to a female produced pheromone. *Zeitschr. für Angew. Ent.*, **54**, 299-303.
- RUDINSKY J. A., 1966. — Scolytid beetles associated with Douglas-fir: response to terpenes. *Sciences*, **152**, 218-219.
- SCHEDL K. E., 1961. — Borkenkäfer aus der Türkei. Anzeiger für Schädlingskunde XXXIV Jahrgang, 184-188.
- SCHEDL K. E., 1962. — Zur Synonymie des Borkenkäfer VIII. Beiträge zur Ent., **12**, 489.
- SCHMITSCHKE E., 1939 et 1940. — Die Massenvermehrung der *Ips sexdentatus* Boern. in Gebiete der orientalischen Fichte. *Zeitsch. f. Ang. Ent.*, **XXVI**, 545-588 et **XXVII**, 84-113.
- SCHMITSCHKE E., 1944. — Forstinsekten der Türkei und ihre Umwelt. Verlag Prag, 371 p.
- SCHWERDTFEGER F., 1954. — Voraussetzungen für die Infektion von Fichten durch *Ips typographus* L. Verhandl. Inst. Verband Forschungsanstalten. Rome 1953, 711-717.
- SCHWERDTFEGER F., 1955. — Pathogenese der Borkenkäfer. Epidemie 1946-1950 in Nordwestdeutschland. *Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen*, **13/14**, 135 p.
- SCHWERDTFEGER F., 1957. — Die Waldkrankheiten. Zweite Auflage. Hamburg-Berlin.
- SILVERSTEIN R. M., RODIN J. O. et WOOD D. L., 1966. — Sex attractants in frass produced by male *Ips confusus* in *Ponderosa* pine. *Science*, **154**, 509-510.
- SILVERSTEIN R. M., RODIN J. O., WOOD D. L. et BROWNE L. E., 1966. — Identification of two new terpene alcohols from frass produced by *Ips confusus* in *Ponderosa* pine. *Tetrahedron*, **22**, 1929-1936.
- SILVERSTEIN R. M., BROWNE R. J., BELLAS T. E., WOOD D. L. et BROWNE L. E., 1968. — Brevicomine, the principal sex attractant in the frass of the female western pine beetle. *Science*, **159**, 889-890.
- SMEJLANEZ W. P., 1969. — The role of terpenoids in the resistance of trees to insect pests. *Anz. Schädlingsk* **42** (3), 33-37.
- STARK R. W., 1955. — Recent trends in forest entomology. *Ann. Rev. of Ent.*, **10**, 303-325.
- THALENHORST W., 1949. — Zur Frage des Primärpathogenität des Buchdrückers (*Ips typographus*). *Zeitschr. für Pflanzenkr. und Pflanzenschutz*, **56**, 262-267.
- VITÉ J. P. et GARA R. I., 1961. — A field method for observation on olfactory responses of bark beetles (Scolytidae) to volatile materials. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **21**, 175-182.



LISTE ACTUELLE DES CORRESPONDANTS RÉGIONAUX DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Spécialisation :

Z : Ecologie animale,

B : Ecologie végétale,

E : Enseignement secondaire.

Z M^{me} SCHACHTER, Directeur du laboratoire d'Ecologie végétale, Fac. Sci., place Victor-Hugo, 13 - Marseille.

B Prof. QUÉZEL, laboratoire de Botanique, Fac. Sci. St-Jérôme, traverse de la Barasse, 13 - Marseille.

Z Prof. RÉAL, laboratoire de Biologie et Ecologie animales, Fac. Sci., route de Gray, 25 - Besançon.

B Prof. QUANTIN, laboratoire de Botanique, Fac. Sci., 25 - Besançon.

E M. DEMOUNEM, prof. au Lycée « Les Bosquets », avenue du Château d'Eau, 33 - Mérignac.

B M. COMPS, Maître-Assistant au laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, 33 - Talence.

B Prof. BINET, laboratoire de Physiologie végétale, Fac. Sci., 14 - Caen.

B Prof. LOISEAU, laboratoire de Botanique, Fac. Sci., 4-6 rue Ledru, 63 - Clermont-Ferrand.

Z M. BOUCHÉ, laboratoire de la Faune du Sol, INRA, 7 rue Sully, 21 - Dijon.

B Prof. OZENDA, laboratoire de Botanique, Fac. Sci., 38 - St-Martin d'Hères.

B Prof. GÉRU, Faculté de Médecine et de Pharmacie, 59 - Lille.

Z Prof. R. GINET, Laboratoire de Biologie animale, Fac. Sci., 16 quai Claude-Bernard, 69 - Lyon.

Z Prof. RIOUX, Faculté de Médecine, 34 - Montpellier.

B Prof. SAUVAGE, Institut de Botanique, 5 rue Aug.-Broussonnet, 34 - Montpellier.

Z Prof. CACHAN, Ecole nationale supérieure agronomique, 54 - Nancy.

B Prof. F. MANGENOT, laboratoire de Botanique, Fac. Sci., Bd des Aiguillettes, 54 - Nancy.

Z Prof. LABEVRIE, laboratoire d'Ecologie et Biocénétique expérimentale, C.S.U., parc Grandmont, 37 - Tours.

B Prof. R. CORILLION, laboratoire de Biologie végétale et Phytogéographie, 2 bis rue Volney, 49 - Angers.

Z M. A. DALMASSO, Station de recherches sur les Nématodes, 123 Bd du Cap, 06 - Antibes.

Z Prof. AGUESSE, laboratoire de Zoologie et Ecologie, Fac. Sci., domaine de la Source, 45 - Orléans-la-Source.

Z M. J.-C. LEFEUVRE, laboratoire de Biologie, 35 - Paimpont.

B Prof. Villeret, laboratoire de Physiologie végétale, Fac. des Sci., Beaulieu, B. P. 25 A, 35 - Rennes.

Z M^{me} G. RICOU, laboratoire de Zoologie agricole, INRA, 16 rue Dufay, 76 - Rouen.

B Prof. GOUNOT, Institut de Botanique, 7 rue Goethe, 67 - Strasbourg.

B Prof. LASCOMBES, laboratoire de Physiologie végétale, Fac. Sci., 31 - Toulouse.

Z Prof. ANGELIER, laboratoire de Zoologie, Fac. Sci., 31 - Toulouse.

Z M. DUSSART, laboratoire des Pêches d'Outre-Mer, Muséum national d'Histoire Naturelle, Paris (5^e).

Z Prof. LAMOTTE, Laboratoire de Zoologie, E.N.S., 24 rue Lhomond, Paris (5^e).

E M. SOUCHON, Maître-Assistant, Fac. Sc., 91 - Orsay.



RÉUNIONS DANS LE CADRE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Symposium international de Radioécologie. Rectificatif

Dans le compte Rendu fait par notre collègue P. BOVARD le passage suivant a malencontreusement sauté :

« En parallèle avec les études sur les effets des rayonnements sur les écosystèmes, le professeur OZENDA de l'Université de Grenoble, exposa les techniques récentes de cartographie des groupements végétaux ainsi que l'application de cette méthode en radioécologie et dans l'étude des sites. De plus, il présenta, en avant première, la carte phyto-écologique de Camargue établie par le professeur MOLINIER. Cette présentation servit d'introduction à l'excursion écologique en Camargue qui mena, le lendemain, les congressistes successivement des Saintes-Maries-de-la-Mer au Vacarès et se termina par une ferrade dans un mas de Camargue ».

« Vu l'abondance des communications, un certain nombre d'entre elles ne purent être présentées oralement au cours des différentes sessions; elles seront néanmoins incluses dans les Actes du Symposium qui doivent paraître en mars 1970 ».

Deuxième réunion du Groupe de Travail

« PHYSIQUE DE LA BIOSPHERE »

Brunoy-Bondy (15-16 janvier 1970)

Etaient présents :

MM. BENARD. — Laboratoire maritime de Luc-s/Mer (Calvados).

FOUGEROUZE. — Service technique d'étude des facteurs climatiques de l'environnement (INRA), Montfavet.

GOILLOT. — Service de Métrologie (INRA), Versailles.

DE PARCEVAUX. — Station de Bioclimatologie (INRA), Versailles.

VANNIER. — Laboratoire d'Ecologie Générale à Brunoy. Pour diverses raisons, MM. ECKARDT, GALOUX, le

Dr. LAMBERT et PERRIER n'ont pu assister à cette réunion.

PROGRAMME

Brunoy - 15/1/70. Matinée : Visite des laboratoires d'Ecologie générale du Muséum d'Histoire Naturelle. Après-midi : Fin de la visite et échanges de vues.

Bondy - 16/1/70 : Visite des laboratoires des Services scientifiques centraux de l'ORSTOM.

VISITES

Laboratoires d'Ecologie Générale du Muséum.

M. le Professeur DELAMARE DEBOUTTEVILLE nous a présenté les principaux thèmes de recherches entrepris dans ses laboratoires et notamment les deux aspects suivants :

1. — Etude de la faune du sol.

— Systématique, biologie et écologie des Microarthropodes (Collemboles, Acariens, Pauropodes) et des Nématodes.

— Recherche coopérative sur programme (RCP 40) sur le thème « Ecologie du Sol » concernant des stations réparties dans 5 régions différentes du territoire national, en liaison avec le Centre de Pédologie biologique de Nancy, le C.E.P.E. de Montpellier, l'Institut Pasteur, les laboratoires de Botanique de Nancy, Grenoble et Orsay.

— Biogéographie et Ecologie des Collemboles de Madagascar.

2. — Comportement des Vertébrés.

— Biologie et Physiologie des Lémuriens en élevage; Ethologie de ces animaux sur le terrain (Madagascar) et en élevage (Brunoy).

— Etude de l'imprégnation chez les jeunes oiseaux en élevage; Analyse de leur comportement sexuel.

— Prospection et étude sur le terrain des Vertébrés de la forêt primaire, dans le cadre de la Mission Biologique du C.N.R.S. au Gabon.

D'autres thèmes sont également étudiés :

- Études micromorphologiques des sols sur plaques minces;
- Biologie et éthologie des Odonates;
- Rédaction d'un dictionnaire trilingue du vocabulaire utilisé en éthologie;
- Biogéographie et Systématique des Coléoptères;
- Palynologie et Systématique évolutive chez les Ombellifères.

Nous avons ensuite visité :

- L'Animalerie où vivent les Lémuriens provenant de Madagascar et qui nous a été présentée par Madame PETTER.

Dans le cas des *Microcebus marinus*, animaux nocturnes vivants dans des nids ou au fond de trous d'arbres, recevant très peu de lumière, l'activité sexuelle est déclenchée par l'augmentation de la durée du jour. Des expériences sont en cours à ce sujet. M. PARIENTE, spécialiste de la vision chez les Lémuriens, cherche à mesurer les énergies lumineuses mises en jeu en visions diurne, crépusculaire et nocturne. Des problèmes se posent quant aux possibilités de vision en infra-rouge.

— Le laboratoire de M. MASSOUD qui étudie plus particulièrement la Systématique et la Biologie des Collembolles. Son travail nécessite, outre les descriptions classiques, des mesures de taille d'animaux ou d'organes, des mesures pondérales, etc... Ces animaux, de petite taille, sont parfois très mobiles. Une étude remarquable des surfaces cuticulaires au microscope électronique à balayage (stéréoscan) révèle les microdétails de l'ornementation de la cuticule des microarthropodes. Un problème de métrologie se pose en ce qui concerne la détermination de la surface développée de ces animaux à partir de l'analyse des photographies prises au microscope électronique. Deux photographies de la même zone, prise sous deux angles différents, sont nécessaires.

— Les laboratoires de MM. THIBAUD et ARPIN qui étudient, l'un les Collembolles épigés et cavernicoles, l'autre les Nématodes libres du sol. Ces animaux de petite taille sont difficiles à observer. Des problèmes se posent en ce qui concerne les mesures du milieu environnant et notamment l'humidité.

— Le laboratoire de M. VANNIER, qui étudie les réactions des Microarthropodes aux variations de l'état hybride du sol. Son expérimentation se déroule en trois temps. Une première étude sur le terrain permet de déterminer les variations du taux d'humidité à différents niveaux du sol et d'estimer les fluctuations du nombre d'animaux. Une analyse plus fine au laboratoire, sur modèles expérimentaux, permet ensuite de préciser ces

phénomènes. Enfin une vérification expérimentale est entreprise sur le terrain à l'aide d'un dessèchement artificiel de la surface d'un sol grâce à un écoulement d'air ambiant entretenu par une soufflerie. Cette surface de sol est recouverte par un tunnel en rhodoïd transparent et l'expérience dure plusieurs semaines. Divers matériels sont mis en œuvre : sonde pédologique de prélèvement, extracteurs multiples thermostatés, appareils d'extraction automatique à programmation, en convection naturelle ou forcée, terrarium à compensation hydrique automatique, etc...

Laboratoires des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy.

M. SEGALEN, Directeur des S.S.C., nous a présenté son centre qui regroupe les différents laboratoires qui sont chargés de mettre au point de nouvelles techniques de mesure, à la demande des chercheurs et d'effectuer les mesures qui ne peuvent être effectuées sur place par les divers chercheurs travaillant Outre-Mer. Les missions ORSTOM se trouvent réparties dans un grand nombre de pays, mais plus spécialement en Afrique francophone.

Laboratoire de Spectrographie et analyse des argiles.

M. PINTA nous a exposé les différents problèmes posés par la spectrographie en courte longueur d'onde (rayons X) et en longueurs d'onde visibles notamment par spectrométrie de flamme atomique ou non. Il utilise également l'analyse thermique différentielle. Il nous a aimablement proposé de se tenir à notre disposition si nous avions des problèmes susceptibles d'être résolus dans son laboratoire.

Laboratoire de Physique des Sols.

M. COMBEAU nous a parlé des difficultés posées par l'analyse physique des sols très différents auxquels il a affaire et par l'exploitation des résultats obtenus.

Laboratoire d'Agroclimatologie.

M. FRANQUIN nous a expliqué la façon dont il aborde les problèmes d'agroclimatologie et comment il est arrivé à mettre au point des modèles mathématiques permettant de traduire le développement de quelques espèces cultivées de jour court et d'en expliciter partiellement le déterminisme climatique.

Laboratoire d'Entomologie Agricole.

M. ROTH nous a fait part des problèmes macro et microclimatologiques posés, notamment par les déplacements des insectes au sein des cultures.

Laboratoire de Biométrie et Statistique.

M. VAN DEN DRIESSCHE nous a parlé de quelques-uns des problèmes qui se posent à son service. Une discussion intéressante a eu lieu au sujet de la normalisation des termes de pédologie utilisés dans la description des horizons en vue du traitement informatique. Un groupe de travail spécialisé a mis au point un glossaire qui est presque au point. Ce travail très intéressant pourrait servir de modèle, dans un certain nombre d'autres domaines intéressant de près les écologistes.

Services de Cartographies.

M. COMBROUX nous a montré comment se faisaient les diverses cartes (pédologie, végétation, sociologie, etc...) éditées par l'ORSTOM. Nous avons tous été frappés par la somme de travail qui représente la mise en place de tels documents.

ECHANGE DE VUE

La prochaine réunion aura lieu les 23 et 24 avril 1970 au C.E.P.E. à Montpellier et en Camargue. M. ECKARDT se chargera d'organiser cette réunion.

M. le Professeur DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Secrétaire Général de la Société d'Ecologie ayant pu nous donner des assurances quant à la diffusion des résultats de nos travaux dans le bulletin de la Société, le format retenu pour les fiches est de 21 x 27, norme retenue par AFNOR en matière de publication.

Le problème est posé de savoir si nous devons ou non utiliser des fiches avec perforations marginales.

Plusieurs types de fiches ont été envisagées; elles pourraient se distinguer par leur couleur :

— Des fiches métrologiques méthodologiques, c'est-à-dire traitant des méthodes de mesures d'une grandeur physique ou biologique déterminée.

— Des fiches métrologiques instrumentales dans lesquelles sont exposées soit les caractéristiques propres à un capteur (sonde de température...) ou à une chaîne de mesures, soit éventuellement à l'ensemble capteur plus chaîne de mesures.

— Des fiches expérimentales exposant un type de manipulation déterminée (mode de prélèvement, d'échantillonnage...).

Lorsqu'un premier modèle de fiche aura été établi conjointement par MM. BENARD et GOILLLOT, et rempli pour quelques exemples typiques, il sera possible d'en envoyer un modèle aux délégués régionaux de la Société d'Ecologie, afin de recueillir leurs avis et leurs souhaits.

Une fois le modèle définitif adopté, ces fiches seront réparties dans les différents services et laboratoires

susceptibles de les remplir. Après vérification, elles seront publiées dans le Bulletin de la Société. Chacune des fiches portera explicitement le nom du service ou du laboratoire dont elle émane, ceci afin d'une part de respecter le travail de chacun et, d'autre part, de faciliter les prises de contact éventuelles des utilisateurs en vue de renseignements complémentaires.

Ces fiches techniques seront présentées par un article d'information générale facilitant leur utilisation.

Par ailleurs M. BENARD s'est proposé de rédiger rapidement un court article sur la signification et la représentativité des mesures et M. GOILLLOT un extrait des normes AFNOR concernant les unités de mesures et plus spécialement les multiples et sous-multiples.

Réunion commune Société d'Ecologie - A.P.B.G.

sur l'enseignement de l'Ecologie au niveau
du Second Degré

Faculté des Sciences d'Orsay, 26-29 Octobre 1969

Dans notre dernier numéro était indiqué le programme prévu pour cette réunion; ce compte rendu en précise le déroulement et indique les souhaits des professeurs de l'Enseignement Secondaire.

Ces journées consacrées à l'Enseignement de l'Ecologie au niveau du Second Degré et organisées en commun avec l'Association des Professeurs de Biologie et de Géologie de l'Enseignement Public (A.P.B.G., 29, rue d'Ulm, Paris-5^e) ont été très bien accueillies par un grand nombre de collègues de l'Enseignement Secondaire. En effet, si l'on en juge par la capacité du grand amphithéâtre de la Faculté d'Orsay — aimablement mis à notre disposition par Monsieur le Doyen Poitou que nous sommes heureux de remercier ici — l'assistance aux conférences a certainement dépassé 600. Aux excursions on a compté près de 350 inscrits. Les visiteurs aux expositions-démonstrations ont dû être en nombre intermédiaire entre ces deux chiffres.

Il faut noter que les participants ont fait le sacrifice de la journée du Dimanche et d'une grande partie de leurs congés de Toussaint, et que parmi eux plus de 200 collègues de province de toutes les Académies ont effectué spécialement le déplacement, certains venant de régions lointaines (Toulouse, Marseille, Bordeaux...); Messieurs les Inspecteurs Généraux Paniel et Pichard ont aussi honoré ces journées de leur présence. Ce sont autant de témoignages de l'intérêt manifesté pour le thème choisi.

L'affluence a contraint les organisateurs à modifier légèrement le déroulement des journées par rapport au programme prévu initialement (voir N° 2 du Bulletin

de la Société d'Ecologie). L'ensemble des activités : conférences, démonstrations et excursion, avait été choisi en tenant compte des résultats d'une enquête préalable faite à l'aide d'un questionnaire lancé parmi les membres de l'A.P.B.G. Il est évident que tout ce qui a été présenté ne peut pas toujours être directement transposé au niveau des classes, mais les collègues ont été sensibles à l'effort qui a été fait de leur offrir des données adaptées à leurs différents problèmes (1).

Cette réunion à l'échelon national était destinée à faciliter, par l'intermédiaire de la Société d'Ecologie, la création de contacts (ou leur poursuite dans les nombreux cas où ils sont déjà établis) entre Facultés ou organismes de recherche et Enseignement secondaire, surtout dans le cadre régional, comme l'ont d'ailleurs indiqué les délégués régionaux de la Société présents ou représentés.

Par ailleurs, les remarques des participants et surtout les réponses au questionnaire ont permis de préciser la nature et les formes d'aide désirées dans l'avenir. La liste ci-dessous résume les principaux souhaits :

1°) *Au cours de réunions ou sorties.*

a) *conférences d'informations* de niveau moyen ou élevé suivies de discussions (sujets les plus demandés : écosystèmes et chaînes alimentaires; méthodes d'étude statique et dynamique des populations et peuplements animaux; liaisons entre écologie et agriculture, sylviculture...; pollutions et conservation de la nature; réserves biologiques et parcs nationaux...).

b) *expositions ou démonstrations pratiques* : (étude du comportement animal, problèmes posés par les élevages techniques d'analyse eau et sols, étude des microorganismes du sol, utilisation pratique et pédagogique des diverses cartes...).

c) *excursions axées sur les techniques d'étude d'un milieu* (préparation par des entretiens à la transposition pédagogique avec les élèves, conseils pour l'exploitation de milieux en zone urbaine).

d) *visites de laboratoires* : Ecologie animale, Ecologie végétale, Recherche agronomique, Lutte biologique, Hydrobiologie, Recherches sur les pollutions...

2°) *Par la réalisation de documents publiés.*

a) *notes bibliographiques* sur ouvrages et travaux.

b) *articles d'information* pour les professeurs, ou de vulgarisation constituant un document de travail pour

les élèves (pollutions, conservation de la nature, réserves, comportement animal, paléo-écologie, faune des différents sols, jardin écologique, élevages...).

c) *présentation de données expérimentales* brutes pouvant fournir la matière d'exercices pour les élèves (données sociologiques, climatiques, relatives à la dynamique des populations et peuplements, concernant les comportements en liaison avec les facteurs...).

d) *monographies de deux types* :

- fiches sur un milieu donné,
- fiches sur la biologie et l'écologie d'une espèce.

e) *films ou séries de diapositives* présentant :

- des monographies de milieux (étude statique et dynamique) ou d'espèces (éthologie, biologie),
- des expériences ne pouvant être réalisées en classe (comportement animal, expériences sur une longue durée),
- des documents sur la liaison Ecologie - vie active (protection, aménagement, lutte biologique).

f) *séries de cartes simplifiées* (si possible liaison végétation ou biocénose - pédologie - géologie).

Les collègues de la Société dont certaines des activités correspondent à ces demandes peuvent donc les faire connaître par le canal de notre Bulletin ou par celui de l'A.P.B.G.. La publication de documents peut être signalée ou même réalisée dans ce dernier bulletin ou dans des brochures éditées par les Centres Régionaux de Documentation Pédagogique.

Ce premier contact est extrêmement encourageant : il témoigne bien de l'intérêt grandissant que portent nos collègues de l'Enseignement Secondaire à notre discipline, et du désir qu'ils ont d'en diffuser les concepts et d'en montrer à la fois la diversité et l'importance pour la compréhension de notre environnement. Comme il s'agit toutefois, pour un bon nombre d'entre eux, d'aspects nouveaux, l'aide de notre Société sera toujours appréciée et permettra certainement de rendre encore plus fructueux leurs efforts.

C. SOUCHON.

— Le Conseil de la Société a confié à Messieurs B. DUSSART, Maître de Recherches C.N.R.S., Laboratoire des Pêches d'Outre-Mer du Muséum, 57, rue Cuvier, Paris-5^e et C. SOUCHON, Maître-Assistant, Laboratoire d'Ecologie végétale, Faculté des Sciences d'Orsay-91, la tâche de coordonner les actions tendant à affermir les liens entre Société d'Ecologie et Professeurs de l'Enseignement Secondaire.

Il est très souhaitable que les membres de la Société intéressés leur fassent part de leurs idées et de leurs remarques à ce sujet.

— La liste des Présidents des Régionales A.P.B.G. est donnée ci-dessous, surtout à l'intention de nos délégués régionaux.

(1) Les textes des conférences et les compte-rendus détaillés des autres activités seront publiés dans le Bulletin de l'A.P.B.G. n° 3, 1970, qui pourra être adressé aux membres de la Société le désirant. (Envoyer votre adresse à C. SOUCHON, Laboratoire Ecologie Végétale, Faculté des Sciences, 91-Orsay).

**Association des Professeurs
de Biologie et Géologie de l'enseignement public
29, rue d'Ulm, Paris (5^e)**

Présidente A.P.B.G. : M^{lle} DAVID, 18, rue A. Fournier,
92 - Chaville.

Aix-Marseille : M. CLAUZADE Georges, Ecole maternelle
des Hautes-Féailles, 84 - Cavaillon.

Amiens : M^{lle} LEJON Colette, 8, rue Allart, 80 - Amiens.

Besançon : M. TOITOT, 2, rue Coindre, 25 - Besançon.

Bordeaux : M. MATHÉLY, Lycée Montaigne, cours
Victor-Hugo, 33 - Bordeaux.

Caen : M^{me} BÉNARD, 23, rue d'Hastings, 14 - Caen.

Clermont-Ferrand : M. ALIROT F., 48, rue Paul-Doumer,
15 - Aurillac.

Dijon : M^{me} ORLANDI F., 10, rue Jehan-Poncelet, 21 -
Dijon.

Grenoble : M^{lle} DALBERTO, 7, avenue de Beauregard,
38 - La Tronche.

Lille : M^{me} BACCHUS, 1, impasse de l'Observatoire, 59 -
Lille.

Limoges : M. VERLHAC, 20, rue de la Fidélité, 87 -
Limoges.

Lyon : M. DECÉRIER, 8, rue Julien-Peyhorgue, 69 -
Villeurbanne.

Montpellier : M. ROQUEFÈRE, 37, boulevard du Jeu-de-
Paume, 34 - Montpellier.

Nancy : M. J. VALLIN, 23, avenue Patton, 54 - Maxéville.

Nantes : M^{me} ALBRECHT, 33, rue des Ponts-de-Cé, 49 -
Angers.

Nice : Secrétariat : M. CORNET Robert, 94, avenue
St-Barthélémy, 06 - Nice.

Orléans : M. TAVERNIER, 41, rue de Vaucouleurs, 45 -
Orléans.

Paris : M. CAUSIN, Saint-Germain-du-Val, 72 - La Flèche.

Poitiers : M. VIGNEAU, 3, résidence de la Frappière,
86 - Poitiers.

Reims : M. LEFÈVRE, 20, rue de la Concorde, 51 - Reims.

Rennes : Secrétariat : M^{me} IRE GALL, 109, av. Aristide-
Briand, 35 - Rennes.

Rouen : M. ROGIER, Lycée Corneille, 76 - Rouen.

Strasbourg : M. JÉROME Pierre, 5, place des Halles,
67 - Strasbourg.

Toulouse : M. MONIN H., 25, rue Pierre-Cazeneuve,
31 - Toulouse.

**Compte rendu de la première sortie sur le terrain
P.B.I. Prairie - Le Pin-au-Haras (Orne)**

18 octobre 1969

Etaient présents :

Equipe P.B.I. Prairie.

INRA - Pin-au-Haras - Zootechnie : A. MULLER.

INRA - Rouen - Zoologie : G. RICOU, M. JOUIS,
J. FOLLOPPE, C. DOUYER.

INRA - Rouen - Amélioration des Plantes : L. HEDIN,
E. DUVAL.

INRA - Rouen - SEI : R. L. CAILLIER, J. HUBERT.

INRA - Dijon - Faune du Sol : M. BOUCHE.

Faculté des Sciences - Caen - Physiologie micro-
bienne : J. KAUFFMANN.

INRA.

CNRA - Versailles - Bioclimatologie : MM. VER-
BRUGGHE, BAUTRAIS.

Station Agronomique - Rouen : A. MASCLÉ.

INA - Chaire d'Ecologie Végétale : R. DELPECH.

ENS - Laboratoire de Zoologie : M. LAMOTTE, G.
STERN.

CNRS - Laboratoire d'Ecologie générale du Muséum :
M. JEANSON.

Faculté des Sciences - Rouen - Botanique : P. FRILEUX.

Zoologie : W. DUPONT, J. C. FELTIER.

Enseignement 2^e cycle - Chartres - P. DELAHAYE.

Etaient excusés :

C. ATHIAS, INRA Dijon, Equipe P.B.I. Prairie.

A. DALMASSO, A. KERMARREC, INRA Antibes, Equipe
P.B.I. Prairie.

G. LEMÉE, P. GRISON, C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE,
J. M. TURMEL (Bureau de la Société d'Ecologie).

MM. S. DE PARCEVAUX, PERRIER, BOULLARD, MISSON-
NIER, MALLET, CHARLES, LAISSUS.

PROGRAMME

Réunion à 10 heures, au domaine de Borculo (INRA,
Zootechnie Le Pin-au-Haras).

Présentation et visite du domaine dans lequel est
implantée la prairie consacrée au P.B.I. français par

A. MULLER, Directeur du domaine. Ce domaine, d'une superficie de 320 ha, est entièrement herbergé, composé à la fois de prairies permanentes anciennes et de prairies resemées, les fourrages étant destinés à nourrir le troupeau de cette implantation zootechnique.

Les parcelles retenues pour le P.B.I. sont prises dans un vaste ensemble de 18 ha de prairie permanente.

Déjeuner à Argentan, à l'issue duquel une présentation des travaux est faite :

- Qu'est-ce que le P.B.I., en général, en France, dans le milieu prairial ? par G. RICOU (Responsable du Programme français : Productivité en prairie permanente pâturée).
- Milieu et productivité primaire, par L. HEDIN.
- Production secondaire générale, par G. RICOU.
- Production des groupes : Lombrics, Acariens, par M. BOUCHE.
- Production de Nématodes phytophages et parasites, par R. L. CAILLIER.
- Faune microbienne du Sol, par J. KAUFFMANN.

Visite des parcelles consacrées au P.B.I. et discussion sur les méthodes d'échantillonnage.

La réunion s'est terminée à 18 heures.

Colloque sur la productivité des écosystèmes forestiers dans le monde

Programme Biologique international

Bruxelles, 27 au 31 octobre 1969

Ce colloque, qui faisait suite à une première réunion qui s'était tenue en 1963, également à Bruxelles, et qui avait posé les premiers jalons concernant les travaux à effectuer sur la productivité, a réuni environ 120 participants de 24 pays. Il a été organisé conjointement par l'UNESCO et le Programme Biologique International avec l'aide financière du Gouvernement Belge.

Le Professeur DUVIGNEAUD avait la tâche délicate de l'organisation matérielle et scientifique de la réunion. Celle-ci a duré 5 jours qui ont été consacrés successivement aux problèmes suivants, exposés par une cinquantaine de rapporteurs venus des différentes régions du globe.

La première journée a été réservée aux aspects bioclimatiques, édaphiques et phénologiques, ainsi qu'aux méthodes de détermination de la productivité primaire brute et nette.

Le deuxième jour, on a abordé l'étude détaillée de la productivité primaire en commençant par celle des résineux dans les régions boréales, tempérées orientales,

tempérées occidentales, méditerranéennes, ainsi que dans l'hémisphère Sud. Puis ce fut successivement le tour des forêts tempérées d'essences feuillues caducifoliées, des forêts d'essences feuillues sempervirentes et enfin des forêts tropicales et équatoriales.

Puis on aborda les différents aspects de la productivité secondaire : les pertes et dégâts causés aux forêts ; les vertébrés, les insectes, les invertébrés, la micro- et myco-flore des sols et leur impact dans la vitesse de décomposition des litières. Il est évident qu'une partie infime seulement des problèmes qui se posent à ce niveau a pu être traitée.

Quant à l'étude des cycles des éléments minéraux, l'accent a été mis sur les cycles complets des éléments biogènes. En raison de son importance particulière, le cycle de l'azote a été traité à part.

Différentes communications ont ensuite eu trait à l'analyse mathématique des résultats, le fonctionnement de la collaboration entre les institutions et au problème de l'extrapolation des résultats obtenus à l'échelle stationnelle.

En fin de session, une dizaine d'orateurs ont présenté les programmes de recherches intégrées sur la productivité forestière fonctionnant actuellement dans le cadre du P.B.I. dans les différentes régions du globe. Il s'agit de projets visant à étudier de façon aussi complète que possible les différents facteurs stationnels intervenant dans la productivité primaire et secondaire, ainsi que les cycles des substances : eau, matière organique, éléments biogènes. En ce qui concerne les pays proches de chez nous, citons les projets en cours de réalisation de MM. DUVIGNEAUD (Belgique), ELLENBERG (Allemagne), JURKO (Tchécoslovaquie), LOSSAINT (France), SATCHELL (Angleterre), VAN DER DRIET (Pays-Bas).

Avant de se quitter, la plupart des congressistes ont tenu à visiter une des stations d'étude intégrée qui a fourni le plus de résultats jusqu'à présent, celle de Virelles dirigée par MM. DUVIGNEAUD et GALOUX.

18 chercheurs français ont participé à cette rencontre qui a été, à tous points de vue, très fructueuse.

Plusieurs rapporteurs, ainsi que l'organisateur, ont insisté sur la nécessité d'une meilleure coordination des efforts au niveau international, qui devrait se concrétiser par des échanges de chercheurs et par l'exploitation comparée des résultats. Des collaborations s'esquissent déjà, et il est permis de penser que cet effort pluridisciplinaire et international, entrepris dans le cadre du P.B.I. pour une meilleure connaissance des écosystèmes forestiers, portera d'ici quelques années ses fruits.

P. L.



ANNONCE DE COLLOQUES

en 1970

Ecologie parasitaire (CNRS et Tchèques), à l'instigation des Tchèques. Prague, 23 au 28 mars.

Ecologie : Problèmes de compétition entre les êtres vivants (INRA, ENS). Versailles, 12 au 14 avril.

Symposium International P.B.I. Production secondaire des eaux continentales. Kasimierz (Pologne), 3 au 12 mai.

International Symposium : The Scientific Management of Animal and Plant Communities for Conservation. (British Ecological Society), University of East Anglia, Norwich, England. 7 au 9 juillet.

Colloque UNESCO. Upsala (Suède). Fin juillet (Cf. DE PARCEVAUX).

Colloque Faune du Sol (INRA), Dijon et Brunoy, Fin septembre (Cf. d'AGUILAR et DELAMARE).

Tropical Production Ecology (Org.: Prof. R. D. MISRA et Dr. F. B. GOLLEY, U.S.A.) New Delhi (India), 1970 (Cf. DUSSART).

Colloque de La Haye (Cf. LABEYRIE).

en 1971

Effects of Exploitations, Introduction on closed communities of Salmonoids in Recently Glaciated, Large Oligotrophic Lakes (Org. Dr. H. REGIER, Toronto, Canada).

Physiological Ecology (Org. Dr. F. H. WHITEHEAD and Dr. M. TODOROVIC) Kotor, Jugoslavia.

Interactions between Land and Water (Org. Dr. P. B. VIPPER, jointed with SILTA) Leningrad, USSR.

Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles

Office Français de Protection de la Faune
57, rue Cuvier, Paris-5^e

Afin de prendre une part active à la réussite de l'Année européenne pour la conservation de la Nature la Fédération française des Sociétés de Sciences Naturelles organisera, dans la 2^e quinzaine de juin 1970, un colloque international sur les Parcs Nationaux et les Réserves Naturelles en Europe.

Tous les problèmes humains ont considérablement évolué ces dernières années : la protection de la Nature en est un des exemples les plus spectaculaires. Les parcs nationaux et réserves naturelles constituent un des aspects de la lutte de l'homme contre la destruction du milieu. Il est nécessaire de rappeler et de réviser leur conception.

Le but de la manifestation prévue est de permettre aux naturalistes — aux écologistes en particulier — de nationalité différente, de préciser les grandes lignes à suivre pour aboutir au résultat souhaité. Afin d'y parvenir dans les meilleures conditions, les définitions officielles actuelles des Parcs nationaux et des réserves naturelles, ainsi qu'un questionnaire, seront adressés dans quelques semaines à tous les intéressés. Cette initiative permettra à ces derniers d'exposer par écrit leurs points de vue qui constitueront la matière de rapports distribués avant le colloque où ils seront publiés très rapidement et largement diffusés avant la fin de l'année européenne.

En outre une visite de deux parcs (français, italien) est prévue, si nous recevons assez d'adhésions.

Pour faciliter la préparation des journées d'études, les personnes intéressées sont priées de renvoyer, dans les délais les plus courts, le bulletin ci-joint, soigneusement rempli et signé.



J'accepte (1)

Je ne peux accepter (1) { d'assister au Colloque sur les Parcs Nationaux et Réserves
Naturelles en Europe.

Je suis désireux de recevoir tous documents sur l'ordre du jour.

Je répondrai (1)

Je ne pourrai répondre (1)

au questionnaire, base fondamentale du colloque.

Signature :

(1) Rayer les mentions inutiles.

Expéditeur :

Nom

Prénoms

Titres

Adresse

Destinataire :

Office français de Protection de la Faune
(Prof. VAYSSIÈRE)
57, rue Cuvier, 75 - Paris-5^e (France)

Le groupe de physique de la biosphère a décidé, pour aider tous les chercheurs, de constituer un fichier instrumental. Trois fiches vous sont soumises aujourd'hui à titre d'exemples. Veuillez avoir l'amabilité de faire part de vos observations au Président du Groupe de Physique de la Biosphère, à savoir Monsieur SANÉ de PARCBEAUX, Laboratoire de Bioclimatologie, C.N.R.A., route de Saint-Cyr, Versailles.

FICHE INSTRUMENTALE

I. — MÉTHODE : ANALYSE AMPÉROMÉTRIQUE DE L'OXYGÈNE

Objet : mesure de l'oxygène dissous ou gazeux

Grandeur mesurée : pression partielle d'oxygène. Peut s'exprimer en ‰, en volume ou en pression partielle (‰ en O_2); en ‰ de saturation (‰ sat O_2); en parties par million (ppm); en pression partielle (mmHg).

Principe : mesure du courant ampérométrique quand un potentiel de 0,53 V est appliqué entre deux électrodes (réduction de l'oxygène au niveau de la cathode).

Forme du signal : le courant est proportionnel à la pression partielle (réponse linéaire).

Réaction : cathode $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow OH^-$
 anode $4Ag + 4Cl^- \rightarrow 4AgCl + 4e^-$



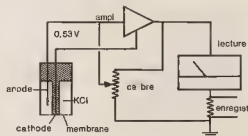
II. — RÉALISATION EXPÉRIMENTALE

Appareillage :

Capteur : sonde à cathode de rhodium et anode d'argent, membrane de téflon, électrolyte KCl.

Amplificateur : transistors MOST montés en pont.

Lecture sur galvanomètre, méthode de déviation. Sortie pour enregistreur.



Caractéristiques : Etendue : réglable selon le mode d'expression. — Sensibilité : 0,5 ‰. — Fidélité : 1 ‰. — Rapidité : 2 secondes. — Dérive : $\pm 1\%$ de la pleine échelle en 24 h.

Restrictions - Grandeurs d'influences : pour l'expression des résultats en rapport pondéral corrections de température, de teneur en sels, de pression atmosphérique (tables de lecture).

Type de l'appareil : Field Lab Oxygen Analyser Beckman. — Servitude d'utilisation : agitation du milieu ou de la sonde (vitesse au niveau de la membrane 30 cm s^{-1} . — Taille : $23 \times 29 \times 17\text{ cm}$. — Poids : 3,2 kg. —

Prix de revient : 4 000 F.

Bibliographie : Notice technique de l'appareil.
 Bulletin Beckman 7143, 7015 A.

Laboratoire utilisateur : Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer.

FICHE INSTRUMENTALE

I. — MÉTHODE : ENREGISTREMENT ANALOGIQUE SIMULTANÉ DE PLUSIEURS PARAMÈTRES

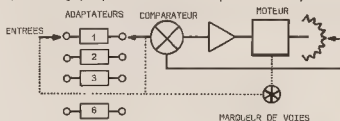
Objet : enregistrer simultanément des signaux issus de plusieurs paramètres et présentant des types de grandeurs différentes.

Grandeurs : tension, courant, résistance, température.

Symboles : V, I, R, Θ .

Principe : méthode graphique analogique par asservissement potentiométrique d'un marqueur sur papier.

Schéma :



II. — RÉALISATION EXPÉRIMENTALE

Appareillage : potentiomètre asservi multicanaux et multivoies (6 voies - 6 couleurs). Chaque canal peut être choisi selon la forme du signal par cartes enfichables (0 à gauche, à droite, au centre, etc.).



Caractéristiques : Etendue minimale : 0 - 5 mV, 0 - 0,5 μ A. — Sensibilité : $\pm 0,1\%$. — Mobilité : 0,1 % de la pleine échelle. — Fidélité : 0,2 %. — Rapidité : 1 seconde pour la pleine déviation. — Linéarité : $\pm 0,15\%$. — Cadence de frappe : 1 voie par 2 secondes. — Largeur de lecture sur le papier : 100 mm. — Vitesse papier : 10 mm h⁻¹ à 3,60 m h⁻¹.

Restrictions : les variations de chaque paramètre doivent être lentes : pour chaque voie deux pointés successifs sont séparés par 12 secondes.

Type de l'appareil : AJ 666 Chauvin Arnoux. — Servitude d'utilisation : énergie source $\approx$ 220 V ($\pm 20\%$ + 10 %); 50 Hz - 16 VA. — Taille : h = 14 cm, l = 14 cm, p = 53 cm. — Poids : 12 kg.

Prix de revient : 9 000 F.

Exploitation des données : reprise par méthodes graphiques.

Observations - Bibliographie : Notice technique du fabricant Bassière - Gaignolet : Métrologie Générale.

Laboratoire utilisateur : Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer.



FICHE INSTRUMENTALE

I. — MÉTHODE : DÉTERMINATION DE LA SALINITÉ PAR CONDUCTIVIMÉTRIE

Objet : analyser les variations de salinité en continu avec possibilité d'enregistrement par sortie analogique.

Grandeur : conductivité.

Unités : $S\ cm^{-1}$.

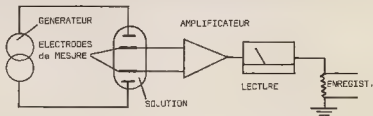
Symbole : γ

Principe : la concentration en électrolytes est mesurée par la conductance de la solution. Il n'y a pas de relation définie entre la conductivité et la concentration. L'expression en chlorinité ou salinité demande l'usage d'abaque ou de tables de conversion. Une correction de température est nécessaire.

II. — RÉALISATION EXPÉRIMENTALE

Appareillage : conductivimètre alternatif à électrodes. Un millivoltmètre à grande impédance d'entrée mesure entre deux électrodes la tension créée dans la solution par un générateur à courant constant. Un asservissement du générateur permet d'obtenir une réponse linéaire en conductivité. Cette méthode évite le platinage des électrodes et l'encrassement des électrodes.

Schéma technique :



Caractéristiques : Etendue de $0 - 10\ S\ cm^{-1}$ à $0 - 4\ S\ cm^{-1}$ en 18 gammes. — Sensibilité : 0,5 %. — Fidélité : 1 % Réponse immédiate. — Dérive : 1 % sur 48 heures.

Restriction : la méthode ne renseigne pas sur la nature des ions. Pour l'étude des milieux marins, on suppose que la salinité varie par simple dilution de l'eau de mer normale.

Type de l'appareil : Tetramatic Kemotron. — Servitude : alimentation 220 V, 50 Hz. — Taille : $32 \times 20 \times 22\ cm$.
— Masse : 3, 5 kg.

Bibliographie : Cox R. A., 1963 The salinity problem in "Progress in Oceanography, vol. I, Sears Editor".

Thomas, B. D.; Thompson, T. G.; Utterback, A., 1934. — The electrical conductivity of sea water. *Journ.*

Conseil Perm. Intern. Explor. de la mer (9), 28-35.

Laboratoire utilisateur : Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer.



BULLETIN D'ADHÉSION DÉFINITIVE

Remplir les deux parties et renvoyer ce bulletin au laboratoire d'Ecologie Générale du Muséum National, 4, avenue du Petit Château, 91 - Brunoy.

Partie réservée au secrétaire général

Nom : Prénoms :

Profession :

Orientation scientifique précise :

.....

.....

Charges éventuelles d'enseignement :

.....

.....

Renseignements complémentaires :

.....

.....

Adresse précise :

.....

.....

.....

Partie réservée au trésorier

Nom : Prénoms :

Profession :

Adresse précise :

.....

.....

.....

Cotisation : 25 F. Société Française d'Ecologie, 61, rue de Buffon, 75 - Paris (5^e)

C. C. P. LA SOURCE n° 30 279 62

ou bien compte bancaire n° 14731 89 M : Crédit Industriel et Commercial, 6, boul. Saint-Michel, 75 - Paris (5^e)



Prix d'abonnement : 25 F par an.

Prix au numéro : 8 F.

16 FEB 1971

0

A

G

3